Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

VI. Jahrgang. **Erstes Heft.** Oktober 1892.

Über einige Lebensfragen des Experimentalunterrichts.

Von

Dr. **Friedrich C. G. Müller** in Brandenburg a. H.

Obgleich Physik und Chemie schon lange auf dem Lehrplan unserer höheren Schulen stehen, hat das Schulexperiment erst spät eine sachgemässe und liebevolle Pflege gefunden. Denn die Physik, und zuweilen auch die Chemie, lag in der Hand von Mathematikern, die auf der Universität nur ausnahmsweise Gelegenheit gefunden hatten, selber zu experimentieren und ein gründliches Praktikum im Laboratorium durchzumachen. Die Wenigen, die sich aus innerer Herzensneigung später im Lehrerberufe zu Experimentalphysikern entwickelten, befolgten naturgemäss zunächst die Professorenmethoden und nahmen sich bei Auswahl und Durchführung der Klassenversuche und bei der Beschaffung von Apparaten das zum Muster, was sie in akademischen Vorlesungen gesehen hatten und in grösseren Lehrbüchern vorfanden. Wenngleich nun viele Vorlesungsversuche und Vorlesungsapparate auch für den Schulunterricht geeignet sind, so muss doch wohl berücksichtigt werden, dass der Lehrer der Physik und Chemie an einer Schule unter ungleich schwierigeren und anders gearteten Verhältnissen arbeitet, wie der Hochschulprofessor. Angenommen der Lehrer hätte das ausnahmsweise Glück über zweckmässig eingerichtete Lehrräume, einen guten, vollzähligen Apparat und ausreichende Geldmittel verfügen zu können, so fehlt ihm zunächst der Vorlesungsassistent, welcher dem Universitätslehrer alle mechanischen Arbeiten bei der Vorbereitung der Experimente abnimmt. Ausserdem aber muss er täglich nicht blos für eine Stunde, für einen fortlaufenden Gegenstand und für eine Schülerklasse Vorbereitungen treffen, sondern er ist in den Händen der Schulleitung wie jeder seiner Amtsgenossen eine bis zur Maximalstundenzahl verpflichtete Lehrkraft. Natürlich wird er nach Erledigung seiner durchweg anstrengenden Lektionen und der häuslichen Vorbereitungen und Correkturen, wozu noch Vertretungsstunden, Conferenzen und sonstige unregelmässige dienstliche Arbeiten kommen, wohl ebenso ermüdet und abgespannt sein, wie jeder andere vollbeschäftigte Lehrer. Dass er ausserdem wissenschaftlich weiter arbeitet und sich auf dem Laufenden erhält, wie man mit Recht erwartet, soll ihm gar nicht als eine Last, sondern als eine Erholung angerechnet werden.

Aber es verbleiben ihm noch besondere Arbeiten. Er muss Apparate und Lehrzimmer in Ordnung halten, muss mit Mechanikern und Drogisten verhandeln und Briefe wechseln, muss bei Handwerkern und Kaufleuten hundert kleine Dinge für den Experimentalunterricht zu beschaffen suchen, kurz eine Anzahl keineswegs anregender, oft recht zeitraubender Obliegenheiten erledigen, wovon ein aussenstehender nichts bemerkt. Insonderheit aber wird er in Anspruch genommen bei der Herrichtung und Prüfung bestimmter Apparate und beim Ausprobieren und Einüben der Experimente. Jeder Apparat hat sein eigenes Naturell, mit dem man sich vertraut zu machen hat, jeder Versuch verlangt seine bestimmten Hand-

griffe, damit er glatt und gefahrlos gelingt. Oftmals liegt es an einer Kleinigkeit, dass ein Versuchsresultat unbrauchbar oder ungenau wird, aber um solcher Kleinigkeiten Herr zu werden, bedarf es oft stundenlangen ja tagelangen Hin- und Herexperimentierens. Nun ist klar, dass derartige Verrichtungen, sowie Reparaturen und Glasblasearbeiten, nicht während der Pausen und Zwischenstunden, sondern nur ausserhalb der Unterrichtszeit vorgenommen werden können. Und man wird zugeben, dass es namentlich für einen älteren gleichwohl mit der maximalen Stundenzahl herangezogenen Lehrer keine geringe Forderung ist, in der Zeit, wo die Schüler und Kollegen daheim sind, nochmals zum Schulhaus zu wandern, um Apparate zu justieren und Klassenversuche auszuprobieren. Überdies muss man bedenken, dass diese Arbeiten dermalen noch ziemlich privater Natur sind und von der Auffassung abhängen, welche der einzelne Fachlehrer von der Ausdehnung des experimentellen Teils im allgemeinen und inbezug auf die Vollkommenheit des einzelnen Versuchs im besonderen hat. Denn schulbehördliche Bestimmungen giebt es in dieser Richtung nicht. Und schliesslich steht auch wohl mancher, der aus Herzensneigung und Überzeugung das Experiment beim Unterricht zur vollen Entfaltung bringen möchte, proportional dem Dienstalter und seiner Lebenserfahrung unter dem Druck der Erwägung, ob er im Sinne der Schulordnung und der vorgesetzten Behörden nicht doch ein pflichtbewusster und erfolgreicher Lehrer ist, auch wenn er ohne viel zu experimentieren vom Katheder herab seinen Schülern das vorgeschriebene Maass von physikalischen und chemischen Kenntnissen beibringt, so dass sie ruhmvoll durch die Abgangsprüfung gehen.

Fragen wir uns, wie trotz dieser ungünstigen Umstände es dennoch möglich ist, dem Unterrichtsexperiment an unseren höheren Lehranstalten eine gedeihliche Entfaltung zu sichern, so kann die Antwort nur dahin lauten, dass alles, was das Experimentieren erfordert, nicht blos vorhanden sein, sondern auch so beschaffen und angeordnet sein muss, dass es jederzeit sozusagen von selbst funktioniert, und vom Lehrer nur ein Minimum von Zeit und physischer Anstrengung verlangt. Es müssen die Pausen und Zwischenstunden ausreichen, um die Apparate und Anschauungsmittel so bereit zu stellen, dass sie sofort in Verwendung treten können. Ja es muss unter Umständen auch angehen, mitten in der Stunde Apparate schnell in Betrieb zu setzen. Unter diesem Gesichtspunkt muss jedes Schulexperiment erdacht und jeder Schulapparat construiert sein. Hierin liegt eine ganz besondere Schwierigkeit und der wesentlichste Unterschied zwischen der Praxis des akademischen Hörsaales und der Schule. Wir dürfen deshalb nicht allein auf das zurückgreifen, was berühmte Experimentierprofessoren in ihren Vorlesungen zeigen, sondern selbständig aus unserer eigenen Thätigkeit heraus für die Zwecke unseres Unterrichts arbeiten. Diese Zeitschrift giebt erfreuliche Beweise genug, dass die Zahl der Fachgenossen täglich wächst, welche diese Aufgabe im richtigen Sinne erfasst haben.

Es ist heute nicht meine Absicht, auf die Construktion der Schulapparate und die experimentelle Behandlung einzelner Gebiete näher einzugehen, zumal ich das Thema in dieser Zeitschrift und in Programmabhandlungen mehrfach berührt habe. Ich halte es aber für hohe Zeit, dass einmal offen zur Sprache gebracht wird, ob überhaupt die Lebensbedingungen des Experimentalunterrichts an unseren höheren Schulen, insonderheit an den Realgymnasien, überall erfüllt sind. Als erste Lebensbedingungen des Experimentalunterrichts nenne ich die drei folgenden: Erstens gute und vollständig eingerichtete Unterrichtsräume; zweitens einen voll-

zähligen Grundbestand von Apparaten, Werkzeugen und Chemikalien; drittens eine ausreichende Summe jährlich zu verwendender Geldmittel. Inbezug auf diese drei Punkte giebt es in Preussen bestimmte Normen nicht. Das ist eine Thatsache, die wir vorweg ganz unverhüllt hinstellen müssen. Sie findet darin ihre Bestätigung, dass Anstalten derselben Art überaus ungleich bestellt sind. Neben vereinzelten, deren Hörsäle, Laboratorien, Apparate und Geldmittel selbst manchen Universitätslehrer neidisch machen könnten, giebt es auch Realgymnasien, wo Einrichtung und Mittel so kläglich sind, dass ein richtiger Experimentalunterricht einfach unmöglich ist.

Was erstens die Unterrichtsräume anbetrifft, so erfordert der Physikunterricht ein Lehrzimmer von solcher Grösse, dass die für 50 Schüler ausreichenden, staffelförmig angeordneten Bänke noch die Hälfte der Grundfläche frei lassen für einen grossen Experimentiertisch, für zwei kleinere Anrichtetische und eine Anzahl von Stativen. Gasleitung, Wasserbehälter, Ausguss, sowie ein Abzug für saure Dämpfe und schädliche Gase dürfen nicht fehlen. Ausserdem sind zur Aufstellung empfindlicher Apparate zwei feste Wandconsolen erforderlich; ferner Aufhängevorrichtungen unter der Zimmerdecke. Mit Rücksicht auf den optischen Unterricht sollte die Klasse nach der Sonnenseite liegen; die Fenster aber müssen mit bequemen Vorrichtungen zur völligen Verdunkelung versehen sein. Die Zugangsthür für die Schüler darf sich nicht an der Seite befinden, wo der Experimentiertisch steht.

Neben der Klasse, und zwar an der Seite des Experimentiertisches, befinde sich ein geräumiges Kabinet, das ausser den Schränken für die Apparate noch einen grösseren und einen kleineren Anrichtetisch, sowie einen Arbeitstisch mit den notwendigen Werkzeugen enthält. Die Apparate in der Klasse selbst unterzubringen führt zu grossen Unzuträglichkeiten, namentlich des Staubes wegen.

Wo zur Schulheizung das Ofensystem beibehalten wird, ist es wünschenswert, dass die Beschickung der Öfen nicht vom Zimmer, sondern vom Korridor aus vorgenommen werden kann, wenn nicht in allen Klassen, so doch in der Physik- und Chemieklasse und den Kabinetten. Was für Staub und Schmutz entsteht, wenn im Zimmer täglich die Asche aus dem Ofen genommen wird, weiss jeder, der unter diesem Übelstande zu leiden hat.

Die Physikklasse liegt am besten im Parterre, weil hier die Erschütterungen am geringsten und die Zu- und Ableitung von Wasser am bequemsten ist.

Für die Chemieklasse sind die Erfordernisse in der Hauptsache dieselben. Nur müssen die Vorkehrungen zum Waschen und Spülen und für den Abzug schädlicher Gase weit umfangreicher sein. Ferner sind in der Klasse selbst drei bis vier Schränke für Glas- und Porzellansachen, für Chemikalien und Reagenzien in der Nähe des Experimentiertisches aufzustellen. Ausserdem muss eine Ofenrohrleitung für einen transportablen Windofen zu Glüh- und Schmelzversuchen vorhanden sein.

Die Chemieklasse kann nach Norden liegen, sollte aber verdunkelt werden können. An die Chemieklasse stösst ein kleineres einfenstriges Kabinet für die Sammlungen und feineren Apparate, hieran ein chemisches Laboratorium mit mindestens zwei Fenstern in der Front.

Diese ziemlich selbstverständlichen Forderungen, bezüglich deren man sich von erfahrenen Fachlehrern und aus Fachbüchern hätte noch speciellere Auskunft einholen können, sind beim Bau von Schulgebäuden, und nicht bloss bei solchen

alten Datums, oftmals mehr oder weniger unberücksichtigt gelassen. Ich weiss dies aus eigener Erfahrung und zwar nicht allein von dem Realgymnasium, an welchem ich jetzt thätig bin. An letzterem ist die Physik in einer grossen Eckklasse des zweiten Stocks untergebracht. Gasleitung, Wasserbehälter, Spülstein und Ausguss fehlen, ebenso ein Abzug für schädliche Gase. Die drei nach Südost gehenden Fenster haben gewöhnliche Leinwandvorhänge, eins nach Nordost konnte ohne jeden Vorhang bleiben, da ja von dorther keine lästigen Sonnenstrahlen eindringen. Da gilt es die wunderlichsten Vorkehrungen zu treffen, um den Schülern von den grundlegenden Erscheinungen der Optik auch nur das Notwendigste zu zeigen. Wenn die elektrischen Lichterscheinungen durchgenommen werden, kommen wir abends zusammen. Ein besonderes Kabinet ist nicht vorhanden, so dass im Winter, wo zwei Öfen ihre Aschenwolken in die Klasse entsenden, ein Kampf mit dem Staube ganz erfolglos ist. So liegen die Verhältnisse heute noch. Als ich 1880 hier als Lehrer der Physik- und Chemie eintrat, glich die Physikklasse, abgesehen von den Schränken mit den Apparaten, jeder anderen Klasse, d. h. es befand sich vor den in einer Ebene angeordneten Bänken weiter nichts, wie das gewöhnliche Katheder. Experimentiertisch, Anrichtetisch, Arbeitstisch, irgend welche Stative und Werkzeuge gab es nicht.

Die Chemieklasse liegt genau an der entgegengesetzten Ecke des grossen Gebäudes im Parterre. Das Laboratorium und ein nicht heizbares Kabinet befinden sich im Kellerraum unterhalb der Klasse. In der Chemieklasse fand ich allerdings erhöhte Bänke und einen kleinen Experimentiertisch mit zwei Gashähnen vor, dahinter das unvermeidliche Katheder. Sonstige zum Experimentieren nötige Dinge fehlten. Ein Abzug für Gase und ein Rohr für den Windofen war nicht vorgesehen. Vor allem fehlte ein Wasserreservoir, Spülstein und Ausguss.

Infolge der angedeuteten Zustände musste ich gleich bei meinem Dienstantritt um eine ausseretatsmässige Geldbewilligung einkommen, um zunächst diejenigen Einrichtungen und Inventarstücke zu beschaffen, ohne die an einen Experimentalunterricht gar nicht gedacht werden kann. Und ich konnte noch von Glück sagen, dass man mein Gesuch an zuständiger Stelle für dringend erachtete, obgleich von mancher Seite auch die Bemerkung nicht zurückgehalten wurde: Es ist doch aber bislang sehr gut gegangen. Selbstverständlich wurde die Chemieklasse äusserlich nicht gerade schöner. Dinge, die sich beim Neubau hätten schön, zweckmässig und ohne Kosten einrichten lassen, mussten so gut es ging eingeflickt werden.

Die vorstehenden Auseinandersetzungen über die notwendigen Einrichtungen und Räumlichkeiten für den Experimentalunterricht gingen von der bei den meisten Realgymnasien und Oberrealschulen zutreffenden Voraussetzung aus, dass Chemie und Physik völlig getrennt und in den Händen verschiedener Lehrer sind. Es liegt nun aber die Frage nahe, ob bei der geringen Zahl der Chemiestunden nicht beide Fächer vereint werden können. Die Frage muss bei sachgemässer Prüfung bejaht werden. Dann aber ist eine einzige grosse Klasse mit den vorhin aufgeführten Einrichtungen für den physikalischen und chemischen Unterricht ausreichend. Ebenso kann ein zweifenstriges Zimmer neben der Klasse Apparate und Sammlungen beider Wissenschaften beherbergen. An dieses schliesst sich das chemische Laboratorium. Ein Laboratorium ist auch an Realgymnasien in keinem Falle zu entbehren, wegen der Anfertigung von Lösungen und Präparaten und zur vorläufigen Zusammensetzung und Prüfung von Apparaten. Ausserdem dient es dem

Lehrer für seine wissenschaftlichen Arbeiten. Wenn man vom Lehrer der Naturwissenschaften mit Recht erwartet, dass er sich auf dem Laufenden erhält und womöglich in seinem Fache selbständig weiter arbeitet, so muss ihm auch ein gutes Laboratorium zur Verfügung stehen. In keiner anderen Wissenschaft ist die blosse Büchergelehrsamkeit so tot wie in der Chemie. Nur das eigene Schaffen im Laboratorium erhält den Chemiker und Physiker frisch unter dem Druck seiner Berufslast und bewahrt ihm die Liebe zur Wissenschaft

Wenn Chemie- und Physikunterricht in ein und demselben Raum erteilt werden sollen, so müssen beide Fächer auch in der Hand eines Lehrers liegen. Im entgegengesetzten Falle würden grosse Unzuträglichkeiten entstehen, wenn zwei Fachlehrer in demselben Raum und an demselben Experimentiertische jeder nach seinem eigenen Ermessen Versuche vorbereiteten. Leider ist die Zahl der Lehrer, welche für beide Fächer die Fakultas besitzen, immer noch gering. Dies hat in der Überlieferung seinen Grund, dass Physik mit Mathematik, Chemie mit den beschreibenden Naturwissenschaften in schulamtlicher Verbindung zu stehen haben. Ihrer Natur und Entwicklung nach sind Physik und Chemie aber unzertrennliche Schwesterwissenschaften. Auch beim Unterricht greifen beide Gebiete stets in einander. Somit sprechen nicht blos sachliche, sondern auch pädagogische Gründe dafür, dass eine volle Fakultas in der einen ohne eine solche in der andern eigentlich gar nicht erteilt werden dürfte. Dann aber müsste die Lehramtsprüfung in der Physik anders gehandhabt werden, als es im allgemeinen noch üblich ist. Man sollte nicht unter dem Titel Physik auch an Mathematik eine volle Fakultas und darüber verlangen. Es genügt eine Bekanntschaft mit denjenigen Teilen der Mathematik, welche in der Physik hervorragende Anwendung finden, also namentlich der Differential- und Integralrechnung. Dagegen wäre es sehr wünschenswert, wenn das Hauptgewicht auf die experimentelle Seite gelegt würde, so dass die Physiker durch die Schule der Chemie und nicht durch die Schule der reinen Mathematik gingen. Andernfalls könnte an mancher höheren Schule auch die Chemie dasselbe Schicksal ereilen wie die Physik, nämlich unter den Händen von Mathematikern zu einer Wissenschaft der Formeln und Gleichungen verflüchtigt zu werden.

Die zweite Lebensbedingung des Experimentalunterrichts ist eine vollzählige Sammlung guter Apparate, Gerätschaften und Anschauungsmittel. Was dazu gehört und wie das Einzelne beschaffen sein sollte, kann hier nicht näher erörtert werden. Um so nachdrücklicher aber sei die Forderung gestellt, dass an jeder vom Staate anerkannten höheren Schule eine vorschriftsmässige Anzahl von Apparaten in gutem Zustande unbedingt vorhanden sein muss, ehe der Unterricht eröffnet wird. Dementsprechend wäre ein für jede Schule verbindliches Normalverzeichnis aufzustellen. In Preussen giebt es ein solches noch nicht. Die Folgen davon sind wiederum ausserordentliche Ungleichheiten zwischen Schulen derselben Art. Einige Schulen reicher, industrieller Städte, bei deren Gründung und Neueinrichtung ein sachkundiger und energischer Fachlehrer mitreden durfte und von einem gleichgesinnten Direktor kräftig unterstützt wurde, können in Bezug auf Lehrzimmer, Apparate und Jahresetat selbst hohen Ansprüchen genügen, während im umgekehrten Falle alles von vorn herein so mangelhaft ausfällt, dass dem Experimentalunterricht auf lange Jahre hinaus das Leben erschwert ist. Wie schlimm es mit dem Zustand des physikalischen und chemischen Apparats auch an alten berühmten Realgymnasien bestellt sein kann, habe ich selbst erfahren. Auch

ohne Anführung von einzelnen, drastischen Thatsachen wird man es sich nach dem, was ich über die Lehrzimmer mitteilte, schon vorstellen können.

Demnach erscheint eine behördliche Regelung auch nach dieser Richtung hin dringend geboten. Durch eine aus erfahrenen Fachleuten und Pädagogen zusammengesetzte Commission müsste ein Normalverzeichnis der naturwissenschaftlichen Lehrmittel aufgestellt und vom Staate sanktioniert werden. Jede Schule wäre darnach von Staatswegen anzuhalten, dass sie die in diesem Verzeichnis enthaltenen Dinge von vorn herein besässe. Der Gedanke, den Bestand erst im Laufe der Jahre nach und nach auf den normalen zu bringen, verbietet sich eigentlich von selbst. Ausserdem sparte man so nur ein paar Mark Zinsen.

Der gedachte Grundstock von Apparaten soll aber nicht bloss dem Titel nach vorhanden, sondern jeder einzelne auch bestimmten Anforderungen genügen, worüber das Normalverzeichnis ebenfalls Vorschriften zu geben hat. Damit soll nicht die Aufstellung einer bestimmten starren Schablone gemeint sein, sondern Festsetzungen über die untere Grenze der Grösse und Leistungsfähigkeit. Beispielsweise wäre beim Barometer vorzuschreiben, dass es ausgekocht sei, mindestens 6 mm Rohrdurchmesser habe und Ablesungen bis auf 0,1 mm gestattete. Dann könnte es nicht vorkommen, dass ein Realgymnasium nur über ein gewöhnliches Bauernwetterglas verfügt.

Als dritter Faktor ist die Summe der jährlich zur Verfügung gestellten Geldmittel von vitaler Bedeutung für den Experimentalunterricht. Dies Geld dient einmal zur Bestreitung der laufenden Bedürfnisse an Chemikalien, Glas, Porzellan- und Kautschuksachen, sowie zu Reparaturen und zum Ersatz abgenutzter oder verunglückter Apparate. Zweitens ist es zu Neubeschaffungen erforderlich. Zu dem im Normalverzeichnis festgestellten eisernen Grundstock müssten nach und nach noch speciellere Apparate hinzukommen. Ausserdem ist doch die Experimentalwissenschaft, namentlich die Chemie und Elektrik, in schneller Fortentwicklung begriffen; alljährlich werden neue Apparate und Versuche für den Unterricht veröffentlicht. Dem muss seitens der Schule Rechnung getragen werden. Endlich soll auch dem Lehrer Gelegenheit geboten werden, wissenschaftlich weiter zu arbeiten.

Bei Feststellung des Etats sollte nun insofern die Willkür der einzelnen Patrone ausgeschlossen sein, als unter eine bestimmte Grenze nicht herabgegangen werden darf. Die Feststellung dieser Grenze gehörte zur Obliegenheit derselben Commission, welche das Normalverzeichnis ausarbeitete. Derzeit existieren bestimmte Vorschriften nicht. Ob an königlichen Anstalten eine bestimme Praxis besteht, weiss ich nicht. An nichtstaatlichen Schulen findet man jedenfalls die grössten Verschiedenheiten. Gleichwohl sind die Anforderungen an den Fachlehrer überall die nämlichen. Mir stehen nur 200 Mark für den physikalischen und chemischen Unterricht zur Verfügung. Dass dies auch bei vorhandenem Normalbestand nicht ausreicht, bedarf für einen Sachverständigen keiner weiteren Begründung. —

Der Kern vorstehender Betrachtung möge zum Schluss in einige kurze Sätze zusammengefasst werden. Die Thatsache, dass Physik und Chemie in den Lehrplan unserer höheren Schulen aufgenommen und die Zielforderungen namentlich an den Realgymnasien trotz der beschränkten Stundenzahl ziemlich hohe sind, besagt, dass man die Bekanntschaft mit diesen Wissenschaften als einen unerlässlichen Bestandteil allgemeiner Bildung ansieht. Der naturwissenschaftliche Unterricht soll aber nicht blos Kenntnisse übermitteln, sondern in der reiferen Jugend die

Fähigkeit entwickeln, die Aussenwelt wissenschaftlich zu beobachten, in dem Wechsel der Erscheinungen das Gesetz, aus der Wirkung die Ursache und in der Fülle gesonderter Thatsachen das Allgemeine zu erkennen; er soll sie ausserdem vertraut machen mit den Methoden echter Naturforschung, er soll den praktischen Blick schärfen, den Erfindungssinn und die Lust zu eigenen Versuchen anregen.

Dies Alles ist nur mittels eines systematischen Experimentalunterrichts zu erreichen. Leider sind die notwendigen Erfordernisse des Experimentalunterrichts mangels bindender staatlicher Bestimmungen an Schulen mit gleichen Zielen sehr ungleichmässig, nicht selten völlig ungenügend erfüllt. Dass Wert und Ansehen der Schule hierdurch geschädigt werden, können auch diejenigen nicht wegleugnen, welche die Unübertrefflichkeit unseres Schulwesens gern als ausgemachte Sache hinstellen. Dann ist es aber auch gerechtfertigt, diese Missstände öffentlich aufzudecken, um damit vielleicht den Anstoss zur Besserung zu geben. Die Besserung kommt aber in erster Linie darauf hinaus, dass die ersten Lebensbedingungen des Experimentalunterrichts: Geeignete Räume, ein guter vollzähliger Apparat und ausreichende Geldmittel, auf Grund richtiger staatlicher Normen, an jeder Schule vorhanden sein müssen.

Zugleich aber macht sich die Forderung geltend, dass bei der Prüfung und Anstellung der Lehrer weniger auf die theoretisch mathematische Seite, als auf die durch praktische Uebung erworbene Fähigkeit zum Experimentieren Gewicht gelegt wird, und dass Chemie und Physik stets in einer Hand vereint sind. Endlich würde es dem naturwissenschaftlichen Unterricht zur wesentlichen Förderung gereichen, wenn der Fachlehrer in Anbetracht der grossen Zeit und Mühe, welche die Instandhaltung der Apparate und die Vorbereitung der Versuche erfordern, nicht durch Unterricht in anderen Fächern dauernd bis zur Maximalstundenzahl belastet werden dürfte.

Demonstrationsapparat für Drehfeldversuche.

Von

Professor Dr. **A. Weinhold** in Chemnitz.

Der von W. Weiler angegebene Apparat für Drehfeldversuche (*diese Zeitschrift 1892, Heft 4, S. 189*) bietet den grossen Vorteil, dass man mit ihm das

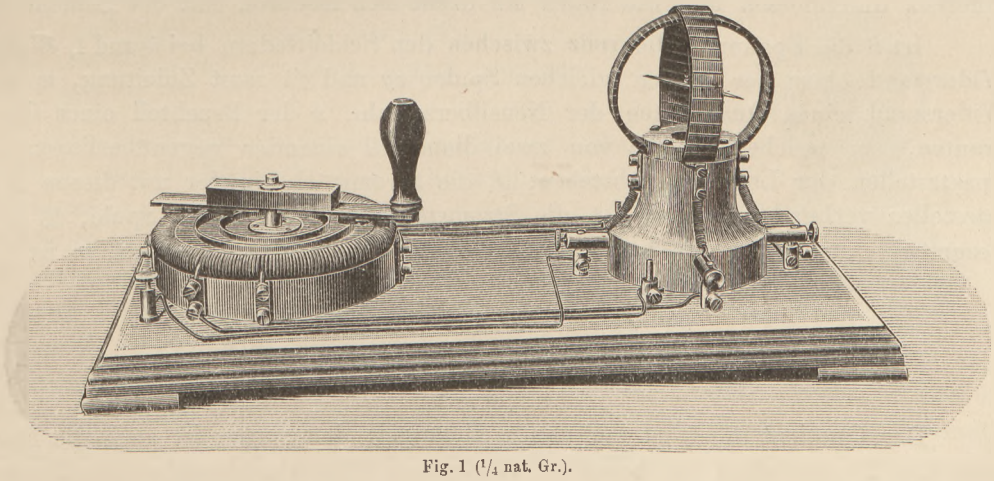


Fig. 1 (1/4 nat. Gr.).

magnetische Feld beliebig langsam drehen und es auch in jeder einzelnen Lage festhalten kann, während dasselbe bei Benutzung von durch Induktion erzeugtem

Mehrphasenstrom immer verhältnismässig rasch rotiert. Der Apparat hat aber den Nachteil, dass das Feld in Sprüngen von je 45° fortschreitet. Die im folgenden beschriebene Abänderung des Apparates giebt ein Magnetfeld, das sich stetig, wenn auch nicht ganz gleichförmig, dreht und dessen Stärke sich ebenfalls stetig ändert; letztere Änderung ist bei Zweiphasenstrom etwa eben so stark, bei Dreiphasenstrom beträchtlich geringer, als bei dem Weilerschen Apparate.

Fig. 1 stellt den abgeänderten Apparat dar, Fig. 2 giebt eine schematische Ansicht im Grundriss. Eine mit ihren Enden zusammengelötete Spirale aus blankem Neusilberdraht ist in eine am Umfang einer kreisförmigen Holzplatte eingedrehte Nut eingelegt; von 4 um 90° von einander entfernten Punkten *a*, *b*, *c*, *d* führen Leitungen zu zwei gekreuzten Spulen *eg* und *fh* aus übersponnenem Kupferdraht (in Fig. 1 sichtbar). Im gemeinschaftlichen Mittelpunkte beider Spulen sitzt auf einer Spitze die kleine Magnetnadel *mn*. Im Mittelpunkte der Holzplatte ist eine Schiene *il* befestigt, die mittelst der Kurbel *k* von der Hand gedreht werden kann. Diese Schiene trägt an ihrer Unterseite Schleiffedern, die den Strom eines Elementes von kleinem inneren Widerstande, eines grossen Bunsen-Elementes oder eines Akkumulators, der Neusilberspirale zuführen. Die Zuleitungen sind in Fig. 2 nicht gezeichnet; sie führen zu zwei concentrischen Messingringen; auf jedem dieser Ringe schleift das eine Ende je einer Feder.

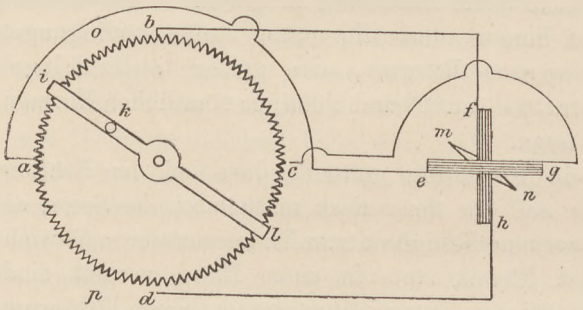


Fig. 2.

Stellt man die Schiene in die Richtung *ac*, so fliesst ein Teil des Stromes durch die Spule *eg* und zwar in umgekehrter Richtung, wenn *i* bei *a*, als wenn es bei *c* liegt; die Spule *fh* ist stromlos. Giebt man der Schiene die Stellung *bd*, so erhält *fh* Strom und *eg* ist stromlos. Bei der in der Figur gezeichneten Stellung von *il* erhält *eg* stärkeren, *fh* schwächeren Strom. Dreht man *il* mittelst der Kurbel *k* gleichförmig, so werden *eg* und *fh* von Wechselströmen mit 90° Phasendifferenz durchflossen und die Nadel *mn* dreht sich isochron mit der Schiene *il*.

Ist S die Spannungsdifferenz zwischen den Schleiffedern bei i und l, W der Widerstand einer der beiden gleichen Spulen *eg* und *fh* samt Zuleitung, w der Widerstand eines Quadranten der Neusilberspirale, x der Bruchteil eines Quadranten, um welchen i und l von zwei diametral einander gegenüberliegenden Ansatzstellen der Leitungen abstehen, J_1 die Stromstärke in der mit diesen Ansatzstellen verbundenen Spule, J_2 die Stromstärke in der anderen Spule, $\mathfrak{W}$ der Gesamtwiderstand der zwischen i und l liegenden Stromverzweigungen, so ist

$$J_1 = \frac{S(1-x)}{W + 2wx(1-x)}, \quad J_2 = \frac{Sx}{W + 2wx(1-x)},$$

$$\mathfrak{W} = \frac{w[W + 2wx(1-x)]}{W + w}.$$

Der Quotient J_1/J_2 ist nur von x abhängig; demgemäss ist auch die Drehung des Magnetfeldes für beliebige Werte von W und w dieselbe; die Stärke des Feldes ist um so grösser, aber auch für die verschiedenen Werthe von x um so verschiedener, je kleiner W/w ist. Fig. 3 giebt eine Sinuscurve I, die Strom-

curve III für den hier beschriebenen Apparat mit dem Verhältniss $W/w = 6$ und die punktierte Stromkurve II für den Weiler'schen Apparat.

Das aus den Wirkungen der beiden Spulen eg und fh resultierende Magnetfeld ist für einzelne um je 10° von einander verschiedene Stellungen der Schiene il in Fig. 4 dargestellt ($W/w = 6$). Die radialen Linien geben durch Richtung und Länge die Richtung und Stärke des Feldes; die ausgezogenen Durchmesser entsprechen den Stellungen ac und bd der Schiene in Fig. 2. Man erkennt aus Fig. 4, dass die Drehungsbewegung des Feldes ziemlich gleichmässig ist. Die Drehungsgeschwindigkeit ist am grössten in der Mitte der Quadranten, am kleinsten an den Grenzen der Quadranten, umgekehrt ist die Feldstärke hier am grössten, dort am kleinsten. (Die grösste Winkelabweichung beträgt wenig mehr als 4°, während sie für den Weilerschen Apparat $22^1/_2$° beträgt).

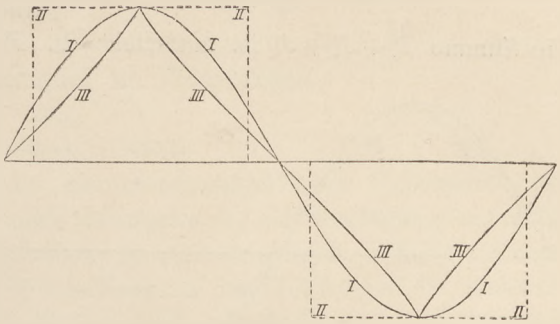


Fig. 3.

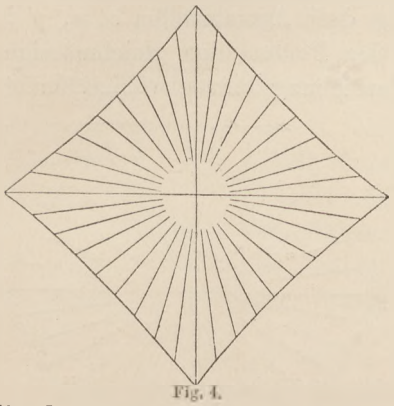


Fig. 4.

Noch günstiger gestalten sich die Verhältnisse für Dreiphasenstrom. Verwendet man anstatt der zwei Spulen eg und fh drei unter 120° sich kreuzende Spulen und verbindet von diesen je ein Ende mit einem der drei um 120° von einander entfernten Punkte c, o und p in Fig. 2, die drei anderen Enden aber unter sich, so erhält man beim Drehen der Schiene il Dreiphasenstrom in offener Verkettung. Die drei Spulen sind in Fig. 5 dargestellt; sechs Messingsäulchen sind mit den Punkten a, b, c, d, o und p (in Fig. 2) durch Kupferdrähte dauernd verbunden; auf vier bezw. drei dieser Säulchen passen die Klemmen, welche an den Fussgestellen der Doppelspule (Fig. 1) und der dreifachen Spule (Fig. 5) sitzen, und ebenso die Klemmen der weiter unten erwähnten Ringe (Fig. 8 und 9).

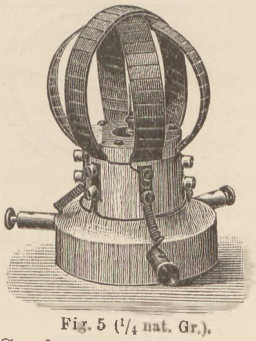


Fig. 5 ($^1/_4$ nat. Gr.).

Ist hierbei W der Widerstand einer der drei gleichen Spulen, w der Widerstand eines Drittelkreises der Neusilberspirale, x der Bruchteil eines Drittelkreises, um welchen ein Ende der Schiene il von der nächsten der drei Ansatzstellen c, o und p absteht (in Fig. 2 wäre $x = oi/op$), J_1 die Stromstärke in der mit dieser nächsten Ansatzstelle verbundenen Spule, J_2 die Stromstärke in der Spule, für welche die Ansatzstelle der Leitung um $(1 - x) \cdot 120°$ von dem nämlichen Ende der Schiene il entfernt ist, J_3 die Stromstärke in der dritten Spule[1]), $\mathfrak{W}$ der Gesamtwiderstand, endlich wieder S die Spannungsdifferenz zwischen den Schleiffedern bei i und l, so ist

[1]) In Fig. 2 wäre J_1 die von o, J_2 die von p, J_3 die von c aus in je eine der drei Spulen fliessende Stromstärke.

$$J_1 = \frac{4S(x-1)}{9W+w+4wx(1-2x)},\quad J_2 = \frac{2S(1-4x)}{9W+w+4wx(1-2x)},\quad J_3 = \frac{2S(1-2x)}{9W+w+4wx(1-2x)},$$

$$\mathfrak{W} = w \cdot \frac{9W+w+4wx(1-2x)}{4(3W+w)}.$$

Die Summe $J_1 + J_2 + J_3$ ist natürlich $= 0$. Fig. 6 giebt wieder den Vergleich der Sinuskurve I mit der Stromkurve II dieser drei um 120° verschiedenen Wechselströme; das Verhältnis W/w ist hier gleich $^9/_2$ genommen. Das im Innern der drei sich kreuzenden Spulen resultierende Feld ist in Fig. 7 für einzelne um je 10° von einander verschiedene Stellungen der Schiene *il* dargestellt. Die sechs Ecken der Figur entsprechen den Stellungen eines der Schienenenden auf einer der drei Ansatzstellen *c*, *o*, *p* in Fig. 2. Man sieht, dass die Drehungsbewegung des Feldes hier gleichmässiger ist, als beim Zweiphasenstrom (die grösste Winkelabweichung beträgt wenig über 1°) und auch die Stärke des Feldes ändert sich viel weniger, als bei jenem; hier wie dort fällt die grösste Feldstärke (an den sechs Ecken von Fig. 7) mit der kleinsten Drehungsgeschwindigkeit zusammen. Auch beim Dreiphasenstrom ist die Winkelbewegung von dem Verhältnis W/w unabhängig, die Feldstärke, aber auch ihre Änderung um so grösser, je kleiner W/w ist. (Für kleinere Werte von W/w werden die Seiten des Sechsecks in Fig. 7 stärker concav.)

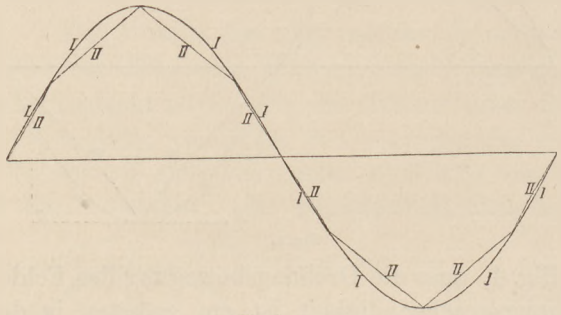


Fig. 6.

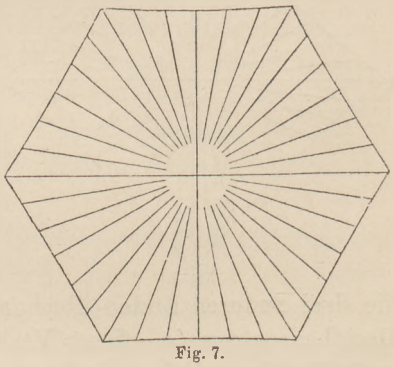


Fig. 7.

Bringt man anstatt einer Magnetnadel eine in der Mitte mit einem Glas- oder Achathütchen versehene kreisrunde Eisenblech-

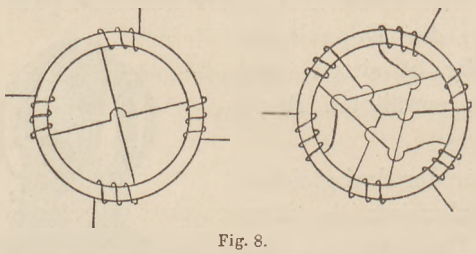


Fig. 8.

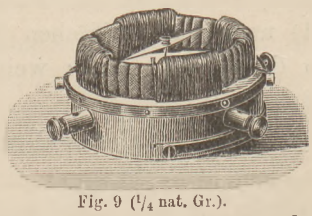


Fig. 9 ($^1/_4$ nat. Gr.).

scheibe in den von den 2 oder 3 Spulen umgebenen Raum, so rotiert auch diese synchron mit der Schiene *il*, weil sie diametral magnetisiert wird. Man kann aber sehr leicht eine asynchrone Rotation erhalten, wenn man anstatt der gekreuzten 2 oder 3 Spulen Eisenringe mit beziehentlich 4 oder 6 Spulen verwendet (Fig. 8 und 9), die so gewickelt und verbunden sind, wie es in Fig. 10 angedeutet ist. Innerhalb dieser Ringe erhält man ein so kräftiges Magnetfeld, dass ein Kurzschlussanker, ein mit in sich geschlossenen Kupferwindungen umgebener Eisenring, der auch mittelst eines Hütchens auf einer Nadelspitze sitzt, in asynchrone Rotation kommt, wenn

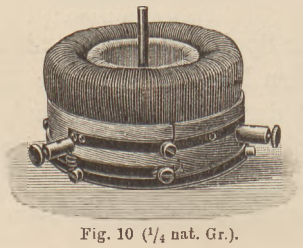


Fig. 10 ($^1/_4$ nat. Gr.).

man die Schiene il dreht. Die Kraftlinien des Feldes lassen sich sehr schön mit Eisenfeile sichtbar machen, die man auf eine Glasplatte streut, welche in den Eisenring eingesenkt oder auch nur auf denselben aufgelegt wird. [2])

Die Akkumulatoren im Unterricht.

Von
Dr. **R. Lüpke** in Berlin.

Will man dem Grundsatze des naturwissenschaftlichen Unterrichts, die wichtigsten Fortschritte der Technik nach Maassgabe der zur Verfügung stehenden Zeit und des Fassungsvermögens der Schüler zu berücksichtigen, gehörig genügen, so wird man nicht umhin können, im Anschluss an die Elektrolyse die Akkumulatoren für Elektrizität zu behandeln, um so mehr, als die Besprechung derselben auch in theoretischer Hinsicht sehr erfolgreich sein kann, insofern dadurch die Überführbarkeit einer Energieform in die andere erläutert, und so das Gesetz von der Erhaltung der Energie dem Verständnis der Schüler näher gebracht wird.

Es soll im folgenden zunächst gezeigt werden, wie man etwa verfahren könnte, durch Versuche das Wesen eines Akkumulators im allgemeinen und die Construktion und Wirkungsweise der in der Praxis gebräuchlichen Akkumulatoren zu demonstrieren. Darauf folgen theoretische Betrachtungen über die chemischen Vorgänge in den Akkumulatoren und über die Beziehungen der betreffenden Energieformen. Schliesslich soll ein für Schulzwecke geeignetes Verfahren angegeben werden, eine Akkumulatorenbatterie mit einer Batterie galvanischer Elemente zu laden, so dass für physikalische und chemische Versuche jederzeit ein Strom von gehöriger Stärke benutzt werden kann.

I.

Als Akkumulator für Elektrizität kann jede aus einem oder zwei Elektrolyten und den beiden Elektroden bestehende Zersetzungszelle wirken, in welcher durch Einführung eines elektrischen Stromes in der Flüssigkeit allein oder zugleich an den Elektroden derartige chemische Vorgänge hervorgerufen werden, dass nach der Unterbrechung des eingeführten Stromes in einem die Elektroden verbindenden Leitungsdraht ein galvanischer Strom auftritt. Beim Laden des Akkumulators wird also die zugeführte, die Elektrolyse bewirkende elektrische Energie in Form chemischer Energie aufgespeichert, und diese geht bei der Entladung wiederum in elektrische Energie über, wobei im Akkumulator der status quo ante wiederhergestellt wird.

Sehr einfach lässt sich das Wesen eines Akkumulators an einer Wasserzersetzungszelle erläutern, und zwar empfiehlt es sich, für diesen wie für viele andere Versuche, bei denen nur kleine Elektrizitätsmengen in Frage kommen, jener Zelle folgende Form zu geben (Fig. 1). Der 8 cm hohe und 3 cm dicke Cylinder c ist der Stabilität wegen auf einem Klotz k befestigt und oben, nachdem er mit angesäuertem Wasser (10 Gewichtsteile Wasser + 1 Gewichtsteil Schwefelsäure) gefüllt ist, mit einem vierfach durchbohrten Gummipfropfen ver-

[2]) Die mechanische Werkstatt von G. Lorenz in Chemnitz liefert auf Wunsch die hier beschriebenen Apparate in guter Ausführung und zwar den Stromverteilungsapparat für 24 M, die Doppelspule für 9 M, die dreifache Spule für 10 M, den vierspuligen Eisenring für 12 M 50 Pf, den sechsspuligen Eisenring für 20 M, die Magnetnadel und eine Eisenblechscheibe mit Chalcedonhütchen für 5 M 50 Pf, den Kurzschlussanker für 6 M, die ganze Zusammenstellung für 87 M.

schlossen. Zwei der Durchbohrungen enthalten Glasröhrchen, in denen die Drähte der Platinelektroden eingeschmolzen sind. In der dritten Durchbohrung steckt ein zweimal rechtwinklig gebogenes, aus einer Thermometerröhre hergestelltes Manometerrohr m, das teilweise mit einer durch Alkohol stark verdünnten Indigolösung gefüllt und auf der hintern Seite mit einem Streifen weissen Kartonpapiers versehen ist. Die vierte engere Durchbohrung wird, wenn der Pfropfen fest aufgesetzt ist, mit einem massiven Glasstäbchen g geschlossen. Werden die Platinbleche möglichst gross (15×45 mm) gewählt und recht nahe gebracht, damit der innere Widerstand (1,355 Ohm) gering ist, so lässt sich am Steigen der Indigolösung im Manometerrohr die schwächste Gasentwickelung deutlich erkennen. Letztere beginnt, wenn die Spannung des eingeleiteten Stromes grösser ist als die elektromotorische Gegenkraft, die für das beschriebene kleine Voltameter 1,659 Volt beträgt.

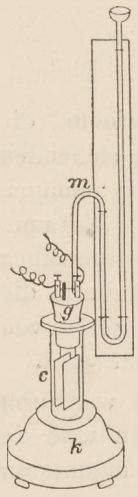


Fig. 1.

Will man nun mittelst dieses Apparates den als Polarisationsstrom bezeichneten Entladungsstrom nachweisen, so arrangiere man den Versuch, wie er in Wüllners Lehrbuch der Experimentalphysik (*1886, IV. 761*) beschrieben ist. Man schalte vermittelst des bekannten, mit vier schleifenden Federn versehenen Interruptors in den Stromkreis zweier Daniellscher oder eines Bunsenschen Elementes jenes Voltameter und zugleich ein Galvanoskop mit vertikal schwingender Nadel ein, beobachte wenige Sekunden das Steigen der Flüssigkeit im Manometerrohr und den Ausschlag der Nadel und drehe dann den Cylinder des Interruptors so um, dass das Voltameter und das Galvanoskop für sich geschlossen sind. Die Nadel schlägt sofort nach der andern Seite aus, ein Beweis, dass ein Entladungsstrom vorhanden ist, und derselbe die entgegengesetzte Richtung des Ladungsstroms hat. Mittelst eines empfindlicheren Voltmeters ergiebt sich die Spannung des Entladungsstroms, im Anfang = 0,76 Volt, woraus sich bei Berücksichtigung des Widerstandes des Messinstrumentes (112,7 Ohm) und des Widerstandes des Voltameters (1,355 Ohm) die elektromotorische Kraft des Entladungsstromes = 0,77 Volt berechnet. Selbst wenn der ladende Strom, wie der eines einzigen Daniellschen Elementes, eine sichtbare Wasserzersetzung nicht hervorruft, so findet nach dem Faradayschen Gesetz dennoch Elektrolyse statt, und der Entladungsstrom ist am Galvanoskop noch wohl erkennbar.

Offenbar entsteht der Entladungsstrom dadurch, dass die durch die Elektrolyse an den Platinelektroden freiwerdenden Gase, mögen sie in sichtbarer Menge auftreten oder nicht, sich beim Schliessen der Elektroden zu Wasser vereinigen. Die beim Laden entbundenen Gasmengen müssen demnach beim Entladen wieder verschwinden. Dies wird am deutlichsten durch die von Grove schon 1843 (*Pogg. Ann. 58, 203*) construierte Gasbatterie demonstriert. Man befestige in den seitlichen Tuben einer dreihalsigen Woulffschen Flasche von etwa 200 ccm Inhalt je eine 25 cm lange und 7 mm weite, oben zugeschmolzene Glasröhre, so dass diese mit dem offenen Ende in das Innere der Flasche bis etwa zur mittleren Höhe derselben hineinragt. Jede der Röhren enthält als Elektrode einen gleich langen und breiten, nach Wiedemann (*Lehre von der Elektrizität, 1, 292, Anmerkung*) mit Platinmohr überzogenen Platinstreifen, an welchem oben ein kurzer Platindraht angenietet ist, der aus dem zugeschmolzenen Ende der Röhre hervorsieht. Füllt man nun die Flasche nahezu voll mit angesäuertem Wasser, lässt dasselbe durch

Umkehrung der Flasche in die Röhren treten und leitet den Strom ein, so werden in der einen Röhre zwei Volumina Wasserstoff, und in der andern ein Volumen Sauerstoff entwickelt. Der Entladungsstrom, der im Leitungsdraht vom Sauerstoff- zum Wasserstoffrohr geht, ergiebt am Galvanoskop einen deutlichen Ausschlag, seine Spannung beträgt am Anfang 1 Volt. Werden die Elektroden kurz geschlossen, so verringert sich das Wasserstoffvolumen in $^1/_2$ Stunde nur um $^1/_2$ cm, das Sauerstoffvolumen um $^1/_4$ cm. Nach 15 Stunden sind die Gasvolumina nahezu ganz verschwunden. Haben aber die Röhren nur 4 mm lichte Weite, und rollt man die Platinelektroden rinnenförmig ein, so steigt das Wasser bei Kurzschluss schon nach $^1/_2$ Stunde um 3 cm. Grove schaltete 26 solcher Zellen hintereinander und erhielt einen Entladungsstrom, mit welchem er Wasser zersetzen konnte, „ein schönes Beispiel von dem Zusammenhang der Naturkräfte."

Die Wirkungen des Entladungstromes eines Voltameters oder eines Groveschen Gaselementes beschränken sich auf Nadelausschläge am Galvanoskop. Kräftigere Resultate erzielt man mit dem von Poggendorff (*Pogg. Ann. 61*) angegebenen Apparat, mit welchem eine ganze Reihe von Voltametern bei Parallelschaltung gleichzeitig geladen und kurz darauf bei Hintereinanderschaltung, die man durch die Wippe herstellt, entladen wird. Steht jedoch ein solcher Apparat nicht zur Verfügung, so fertige man sich folgende Polarisationszelle (Fig. 2) an. An der einen Längsseite l eines rechteckigen Brettes A bringe man in einem Abstand von 15 mm fünf, an der andern l' vier mit jenen abwechselnde enge Durchbohrungen an, stecke durch dieselben kurze Platindrähte, die an dünnen, 43×67 mm grossen, platinierten Platinblechen angenietet sind, und lege die Drahtenden fest um die beiden dicken Kupferdrähte ab und cd, welche mittelst Drahtösen in rinnenartigen Vertiefungen des Brettes befestigt werden. Damit sich die parallel gerichteten Bleche nicht verschieben, werden sie auf der Unterseite des Brettes durch geschmolzene, mit einem Pinsel aufgetragene Compoundmasse getrennt, mit welcher auch die Drähte oberhalb des Brettes zu bedecken sind. Alle freiliegenden Holzteile werden dann wiederholt lackiert. Die ganze Vorrichtung wird in ein trogförmiges, mit verdünnter Schwefelsäure (1 : 12) gefülltes Glasgefäss eingesenkt. Wie aus der schematischen Zeichnung zu ersehen ist, wird das Ende a desjenigen Kupferstabes, an welchem vier Platinbleche hängen, vermittelst des Stöpselumschalters U (Stöpsel in e) mit dem Kohlepol der aus drei Bunsenschen Elementen bestehenden Batterie B, das Ende c des mit den fünf Platinblechen befestigten Kupferstabes direkt mit dem Zinkpol der Batterie verbunden. Der ladende Strom bewirkt in der Polarisationszelle eine deutliche Gasentwicklung, die circa 15 Minuten anhalten muss. Der Entladungsstrom zeigt anfangs eine Spannung von 1,5 Volt, die bei Einschaltung eines Widerstandes von 1127 Ohm nach 50 Minuten noch 0,7 Volt beträgt. Es spricht dies für eine verhältnismässig grosse Kapacität der Zelle, welche durch die Quanta der von den platinierten Platinblechen occludierten Gase bedingt ist und und mit der Zahl der Bleche noch gesteigert werden kann. Der Entladungsstrom vermag eine sichtbare Wasserzersetzung in dem kleinen oben beschriebenen Voltameter noch nicht hervorzubringen, jedoch ist er bei Kurzschluss stark genug, einen dünnen, 5 mm langen Platindraht durchzuschmelzen. Diese Wirkung lässt sich deutlich zeigen, wenn man auf einem

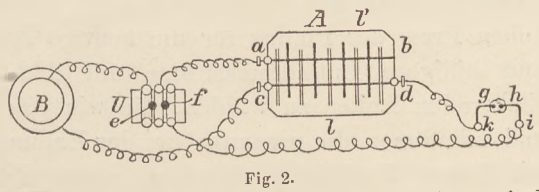


Fig. 2.

Brettchen zwei isolierte Kupferdrähte in einer Entfernung von 5 mm vertikal befestigt, die oberen Enden derselben *g* und *h* durch ein Stück jenes Platindrahtes verbindet, denselben mit frischer Kollodiumwolle umwickelt und die untern Enden *i* und *k* an *d* und *U* anschliesst. Steckt man nach gehöriger Ladung der Zelle den Stöpsel in *f* ein, so ist der Ladungsstrom unterbrochen, und der Polarisationsstrom geschlossen, der die Kollodiumwolle sofort entzündet.

J. Thomsen hatte im Jahre 1865 (*Pogg. Ann. 124, 498*) eine Polarisationsbatterie von 50 Zellen mit je zwei Platinplatten construiert, von denen mittelst eines auf einem kreisförmigen Schaltbrett in der Minute 20—25 mal rotierenden Radius je eine Zelle momentan durch den Strom eines Groveschen Elementes geladen wurde, während immer die übrigen 49 hintereinander geschalteten Zellen einen konstanten Entladungsstrom von $49 \times 1{,}46 = 72$ Volt ergaben, ein sinnreicher Apparat, der schon das Prinzip der heute gebräuchlichen Akkumulatoren zeigt und selbst im Telegraphenamt von Kopenhagen einige Zeit Verwendung gefunden hat.

Lassen sich nun aber auch bei den angeführten Apparaten durch Platinierung der Platinelektroden die von diesen absorbierten Gasmengen vermehren, und somit die Entladungsströme sich so verstärken, dass ihre Wirkungen von einer grösseren Zuhörerzahl beobachtet werden können, so kommen doch jene Apparate mit Rücksicht auf ihre verhältnismässig unbedeutende Leistungsfähigkeit und den hohen Preis des Platins für die heutige Praxis nicht in Betracht. Um kräftigere und billigere Entladungsströme mit Akkumulatoren zu erhalten, hat man als Elektroden Leiter zu wählen, die wie das Platin im Elektrolyten unlöslich sind, und mit denen die gesamten bei der Ladung entbundenen Gase chemische Prozesse mit festen Produkten eingehen, deren Quantitäten sich bis zu einem gewissen Maass steigern lassen. Für die positiven Akkumulatorenplatten, d. h. diejenigen Elektroden, an denen der Ladungsstrom in die Zelle eintritt, hier also Sauerstoff abscheidet, und von denen der Entladungsstrom in den Leitungsdraht austritt, eignen sich solche Metalle, welche Superoxyde bilden, die den Strom leiten und sich beim Entladen wieder reduzieren. An die negativen Platten ist die Bedingung zu stellen, dass die auf ihnen bei der Entladung etwa abgeschiedenen Oxydationsprodukte sich durch den Ladungsstrom leicht wieder reduzieren lassen. Kein Metall genügt diesen Anforderungen besser als das Blei, und dieses wird in der That für die Construktion der Akkumulatoren der Praxis fast ausschliesslich verwendet.

Ehe jedoch die Bleiakkumulatoren näher behandelt werden, möge auf einen Versuch von Sinsteden (*Pogg. Ann. 92, 1; 1854*) hingewiesen sein, der sich in etwas abgeänderter Form ähnlich wie obiger Versuch mit der aus neun Platinplatten bestehenden Polarisationszelle folgendermaassen ausführen lässt. Man befestige mittelst Klemmen (*Weinhold, Phys. Dem. 599*) drei blanke Silberplatten (8 cm lang, 7 cm breit, 1 mm dick) an einem Hartgummistab und lege denselben auf den Rand eines vierkantigen Glastroges, so dass die Platten in das Innere desselben hineinragen. Der Trog wird mit verdünnter Schwefelsäure vom spec. Gewicht 1,2 (73 Gewichtsteile Wasser + 27 Gewichtsteile Schwefelsäure) gefüllt, bis das Niveau derselben 1 cm unterhalb der Klemmen steht. Die beiden äussern Klemmen werden dann unter sich und mit dem negativen Pol, die mittlere Klemme vermittelst des Umschalters mit dem positiven Pol der ladenden Batterie verbunden. Ist der Ladungsstrom geschlossen, so bildet sich eine schwärzliche Superoxydschicht auf

der positiven Silberplatte, während sich die negativen Platten auf der der positiven Platte zugekehrten Seite mit einer grauen Masse schwammigen Silbers überziehen, welche wahrscheinlich den Wasserstoff occludiert enthält und an Dicke mehr und mehr zunimmt. Nach etwa 30 Minuten hat der Entladungsstrom die Maximalspannung von 0,85 Volt erreicht, die aber bei Kurzschluss sehr stark abnimmt. Immerhin genügt er, die Kollodiumwolle zu entzünden. Diese Wirkung erfolgt sogleich wieder, wenn man nur zwei Minuten lang von neuem ladet. Überhaupt aber ist es zum Gelingen des Versuchs erforderlich, dass an sämtlichen Verbindungsstellen rein metallischer Kontakt hergestellt ist. Sicherer freilich ist der Erfolg, wenn man zwei solcher Zellen hintereinander schaltet. Muss man sich mit kleinen Silberplatten begnügen, so sind zwei solche zum Nachweis des Polarisationsstroms am Galvanoskop hinreichend. Der Versuch ist für den Unterricht wegen der Einfachheit der Prozesse wohl zu empfehlen und insofern noch von besonderem Interesse, als durch denselben Sinsteden das Prinzip entdeckte, auf dem die heutigen Akkumulatoren beruhen.

Wenige Jahre nach Sinstedens Untersuchungen nahm Planté das Studium dieser sekundären Elemente wieder auf, fasste aber ganz besonders die Verwendbarkeit des Bleis ins Auge. Im Jahre 1859 konstruierte er das nach ihm benannte Element, das aus zwei spiralig aufgerollten und durch ein dickes Tuch getrennten Bleiplatten, die in zehnprozentige Schwefelsäure getaucht sind, besteht (*Compt. rend. 49. 402; 1859*). In vereinfachter Gestalt kann man dasselbe auf folgende Weise herstellen. Man schneide sich zwei Platten aus gewalztem Bleiblech, 18 cm lang, 11 cm breit und etwa 450 g schwer, löte an eine Ecke derselben in der Richtung der Längsseite einen 6 cm langen, dicken Kupferdraht und bestreiche die Lötstelle sowie den Draht selbst bis auf 3 cm vom äussern Ende sorgfältig mit Schellack oder Compoundmasse, um zu verhüten, dass Lotsubstanz oder Kupfer in Lösung gehen, von denen sich letzteres auf der negativen Platte niederschlagen und so den Erfolg des Versuchs beeinträchtigen könnte. Nachdem man die Platten mit einer Stahlbürste völlig blank gerieben hat, legt man auf die beiden kurzen Seiten der einen Platte je eine 6 bis 8 mm dicke Holzleiste, deckt die andere Platte darauf und schiebt über beide Platten an die Stellen, wo die Holzleisten liegen, Gummiringe. Die so vorbereiteten Elektroden werden dann in einen vierkantigen Glastrog (von einer ausrangierten Tauchbatterie), der mit verdünnter Schwefelsäure (1,18 spec. Gew.) gefüllt ist, eingesenkt, und nun wird die Zelle wie bei dem Voltameterversuch statt des Voltameters in den Stromkreis zweier Bunsenscher Elemente eingeschaltet. Man reguliere mittelst eines Rheostaten den Ladungsstrom so, dass an den Elektroden anfangs noch keine Gasblasen erscheinen. Nach einigen Minuten werden sich Wasserstoffbläschen an der negativen Platte zeigen, während der Sauerstoff an der positiven Platte noch immer gebunden wird. Schliesslich entweichen auch an letzterer Gasblasen, doch weit weniger als an der negativen Platte. Die positive Platte hat sich, besonders an der Innenseite, mit einer dunkelbraunen Superoxydschicht bedeckt, die negative Platte erscheint infolge einer Auflockerung der Oberfläche mattgrau. Dreht man nun den Cylinder des Interruptors um, so schlägt die Nadel des Galvanoskops nach der entgegengesetzten Richtung aus. Nach völliger Entladung hat die positive Platte eine hellbraune, die negative eine weisslich graue Farbe angenommen.

Dieser Versuch erläutert das Wesen der Bleiakkumulatoren wegen der geringen Wirkung des Entladungsstroms nur in beschränktem Grade. Es ist nötig, grössere Effekte aufzuweisen. Zu dem Zwecke stelle man eine Zelle aus fünf Bleiplatten her und ordne diese so, dass die Kupferstäbe der Platten 1, 3 und 5 auf der einen, die der Platten 2 und 4 auf der andern Seite zu stehen kommen. Die Stäbe 1, 3 und 5 werden dann unter sich und mit dem negativen Pol, die Stäbe 2 und 4 ebenfalls untereinander und mit dem positiven Pol der ladenden Batterie verbunden. Man achte auf gehörigen Kontakt, da sonst der Ladungsstrom auf die Platten einer Art ungleich einwirkt. Nachdem die Zelle etwa $^1/_2$ Stunde geladen ist, zeigt der Entladungsstrom eine Spannung von nahezu 2 Volt. Er vermag also im Voltameter Wasser zu zersetzen, und da der innere Widerstand der Zelle (etwa $^1/_{50}$ Ohm) sehr gering ist, so ist der Strom auch stark genug, Metalldrähte durchzuschmelzen.

Fig. 3.

Man schalte noch eine zweite, aus fünf Bleiplatten bestehende Zelle hinter die erste und lade mit vier Bunsenschen Elementen eine Stunde. Der Entladungsstrom hat jetzt eine Spannung von 4 Volt. Man leite ihn durch ein U förmiges Voltameter (Widerstand 2,174 Ohm, elektromotorische Gegenkraft 1,522 Volt), mit welchem man die Knallgasmenge, wie Figur 3 erkennen lässt, messen kann, oder man schalte in den Stromkreis ein Glühlämpchen ein, welches mittelst Schellack an isolierten Kupferdrähten aufrecht befestigt ist (Fig. 4). Zu den Versuchen dienten zwei Lämpchen, für welche die für Rot- und Weissglut erforderlichen Spannungen und Stromstärken wie folgt bestimmt waren:

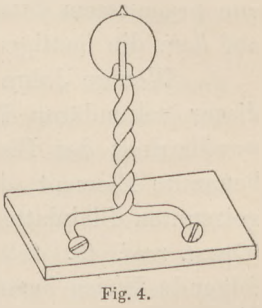


Fig. 4.

	Stärke des Stromes bei		Spannung des Stromes bei		Widerstand bei	
	schwach. Rotglut	Weissglut	schwach. Rotglut	Weissglut	schwach. Rotglut	Weissglut
Lämpchen I	0,31 Amp.	0,45 Amp.	1,75 Volt	2,3 Volt	5,64 Ohm	5,1 Ohm
Lämpchen II	0,15 „	0,24 „	2,4 „	3,3 „	16 „	13,75 „

Mit jenen zwei Zellen kann man also in kurzer Zeit einige Kubikcentimeter Knallgas entwickeln oder das Lämpchen II minutenlang in Weissglut erhalten.

Werden nun diese Zellen wiederholt geladen und entladen, so zeigt sich, dass die Wirkungen des Entladungsstromes sich mehr und mehr verstärken. Das Lämpchen II leuchtete

nach der Ladung:	1	2	4	15
mit Weissglut	10 Min.	13 Min.	$23^1/_2$ Min.	80 Min.
mit Rotglut	$^1/_{10}$ „	$^1/_4$ „	1 „	12 „
berechnete Coulomb	144	187	347	1260,

und bei der Entladung am Voltameter, die soweit wie möglich fortgesetzt wurde, ergaben sich

nach der Ladung:	3	5	16
ccm Knallgas, Normalvol.	58	105	269
berechnete Coulomb	333	605	1546.

Die Zahlen der Coulomb sind unter der Voraussetzung berechnet, dass 1 Coulomb 0,174 ccm Knallgas ausscheidet. Nach der 17. Ladung wurde im Hofmannschen U-rohr Salzsäure der Elektrolyse unterworfen, wobei die Wasserstoffmengen den nach der 16. Ladung am Voltameter enthaltenen fast gleich kamen. Lassen nun auch alle jene aus den Daten berechneten Zahlen der Coulomb einen genauen Vergleich deshalb nicht zu, weil der Widerstand einer Glühlampe mit der Zeit wächst, und die Entladung an derselben nicht so vollständig vorgenommen werden kann als am Voltameter, so geben sie doch den durch wiederholtes Laden und Entladen bewirkten Fortschritt in den Leistungen der Akkumulatorenzellen wohl zu erkennen. Dieser beruht darauf, dass die Dicke der Superoxydschicht an den positiven und die des schwammigen Bleis an den negativen Platten mehr und mehr zunimmt; es wächst also die Quantität der in Aktion tretenden Massen und mit dieser auch die zu entnehmende Strommenge, während die elektromotorische Kraft annähernd dieselbe bleibt.

So war es Planté durch fortgesetztes Laden und Entladen, wobei er häufiger auch die Pole wechselte, gelungen, seinen Akkumulatoren eine solche Kapazität zu erteilen, dass dieselben vom Jahre 1879 an, nachdem die zum Laden im Grossen erforderlichen Dynamomaschinen in genügender Vollkommenheit construiert waren, Eingang in die Technik fanden

Ist aber die Kapazität eines Akkumulators wirklich von der Menge der aktiven Masse abhängig, so wird jene Formierung der Elektrodenplatten beschleunigt werden können, wenn ihnen von vornherein Bleiverbindungen, „aktive Masse“ genannt, aufgetragen werden. Dies lässt sich im Unterricht am einfachsten in der Weise ausführen, dass man mit einer Kollodiumlösung (2 vol. Alkohol + 1 vol. Äther + 1 vol. vierprocentiges, in der Photographie gebräuchliches Kollodium) eine Quantität Bleisuperoxyd und etwas Asbestmehl zusammenrührt und mit dieser Masse mittelst eines breiten Pinsels die blanken Bleiplatten schnell bestreicht. Nach kurzer Zeit ist der Anstrich trocken und leitet die Elektrizität, obwohl das Kollodium für sich ein Nichtleiter ist. Je fünf solcher Platten combiniert man nach der früheren Art, nur mit dem Unterschied, dass man die Platten statt durch Holzleisten durch dicke Filzscheiben trennt, welche ein etwaiges Abfallen der Masse verhindern sollen. Während des Ladens lässt sich deutlich beobachten, dass der Wasserstoff zur Reduktion des Bleisuperoxyds gebunden wird, wogegen von den positiven Platten Sauerstoffbläschen aufsteigen. Werden auch bei der ersten Ladung die negativen Platten nicht völlig grau, so ist doch der Farbenunterschied von den positiven, noch etwas dunkler gewordenen Platten nicht zu verkennen. Eine geladene Zelle dieser Art zeigt die Spannung von 2 Volt, die nach 6 Minuten auf 1,9 Volt sinkt, dann aber lange Zeit constant bleibt. Daher glüht die Lampe I mit Rotglut, und am kleinen Voltameter erfolgt Wasserzersetzung. Welchen Vorteil nun das Auftragen aktiver Masse bietet, beweisen die Resultate der Entladung zweier hintereinandergeschalteter Zellen; hierbei glühte die Lampe II

nach der Ladung:	1	2	4
mit Weissglut	18 Min.	30 Min.	30 Min.
mit Rotglut	5 „	7 „	8 „
berechnete Coulomb	304	495	459,

und im U förmigen Voltameter entwickelten sich

nach der Ladung	3	5
Knallgas	85,5 ccm	124,3 ccm
berechnete Coulomb	491	713.

Biblioteka W. S. P. Gdańsk
Uniwersytetu Gdańskiego Biblioteka

Die Resultate der 3. und 4. Ladung sind deshalb verhältnismässig gering ausgefallen, weil die Zellen vor den Versuchen mehrere Tage gestanden hatten, infolgedessen sich die Platten mit einer schwer reduzierbaren weissen Haut von Bleisulfat bedeckten. Ratsam ist es, die Platten gleich nach Erledigung der Experimente mit der Stahlbürste zu reinigen.

Es ist das Verdienst von Faure (1881), die Kapazität eines Akkumulators infolge Auftragens von aktiver Masse auf leitende, unlösliche Elektroden und Formierens durch wiederholtes Laden und Entladen bedeutend gesteigert zu haben. Dem Faureschen Patent schlossen sich sehr bald viele andere an. Es mögen hier nur die von Hagen, Tudor und Correns genannt sein. Sie alle unterscheiden sich durch die chemische Natur der als aktive Masse dienenden Bleiverbindungen und durch den Prozess der Umwandlung derselben in schwammiges Blei resp. Bleisuperoxyd, sowie durch die mannigfache Form der Elektroden, welche bei möglichst geringem Gewicht und grosser Dauerhaftigkeit eine grosse Menge der aktiven Masse festhalten sollen. [1])

In den meisten Fällen werden Elektroden aus Blei gewählt, und diese mit einem Teig von Mennige und Schwefelsäure versehen. Man kann sich derartige Platten leicht selbst präparieren. In einer Reibschale mische man zu verdünnter Schwefelsäure (1 vol. Wasser + 2 vol. concentrierte Schwefelsäure) so viel Mennige, dass ein dicker Teig entsteht. Derselbe entwickelt ozonartig riechende Gase und nimmt eine braune Farbe an, weil sich Superoxyd bildet. Nachdem man diese Masse hat 24 Stunden stehen lassen, streiche man sie auf die blanken Bleiplatten. Damit letztere grössere Quantitäten aufnehmen und sie fester halten können, wende man gegossene Platten an, welche tiefe Querrinnen tragen. Nach einigen Tagen ist die Masse zu einem harten Cement erstarrt, und nun combiniere man die Platten zu je fünf, die durch Holzleisten zu trennen sind, schalte zwei solcher Zellen hintereinander und lade. Den ladenden Strom schwäche man soweit ab, dass die Gase von der aktiven Masse völlig aufgenommen werden, und zwar der Wasserstoff, der die Oxyde an der negativen Platte zu Bleischwamm reduciert, und der Sauerstoff, der an der positiven Platte die Oxydation vervollständigt. Stundenlang würde man laden können, ehe Gase entweichen, und von diesem Moment an wäre die Ladung beendet. Schon die lange Ladungsdauer lässt darauf schliessen, dass die Zellen grosse Strommengen bei der Entladung hergeben können. Aber selbst wenn man nur eine Stunde ladet, ist der sich zeigende Effekt weit grösser als bei den mit Kollodium-Bleisuperoxyd präparierten Zellen, deren elektromotorische Kraft freilich nicht übertroffen wird. Am Voltameter wird kräftig Knallgas entwickelt, die Lämpchen glühen länger, selbst dickere, einige Centimeter lange Eisendrähte werden weissglühend und schmelzen durch, und kommen die in angesäuertes Wasser getauchten Platinelektroden in Berührung, so brennen sie unter lebhafter Lichterscheinung Löcher in einander ein. Bei der fünften Entladung ergaben sich nach den Messungen am Voltameter schon 3860 Coulomb, also $6^1/_3$ mal so viel als ohne Auftragung aktiver Masse, und bei der sechsten Entladung glühte die Lampe II 130 Minuten mit Weissglut (3490 Coulomb). Es ist nicht schwer, durch öfteres vollständiges Laden diese Zellen auf 5 Ampère-Stunden Kapacität zu bringen. Ausserdem zeigt sich, dass dieselben tagelange Pausen vertragen, ohne wesentlich einzubüssen.

[1]) Genaueres möge man aus Hoppes „Akkumulatoren für Elektrizität, Berlin 1892“, ersehen.

In der folgenden graphischen Darstellung (Fig. 5) geben die Abscissen die Entladungsdauer in Minuten, die Ordinaten die Zahl der im Voltameter von 10 zu 10 Minuten entwickelten Kubikcentimeter Knallgas an. Die Kurve I bezieht sich auf zwei nach Planté formierte Zellen *A*, die Kurve II auf zwei Zellen *B*, deren Platten mit Kollodium-Bleisuperoxyd bestrichen waren, und die Kurve III auf zwei Zellen *C*, deren Platten ein Teig von Mennige und Schwefelsäure eingedrückt war. Sämtliche Zellen waren fünfmal je eine Stunde mit derselben Stromstärke geladen. Ausser der Verschiedenheit der den Zellen *A*, *B* und *C* entnommenen Strommengen zeigt sich, dass die auf rein chemischem Wege ent-

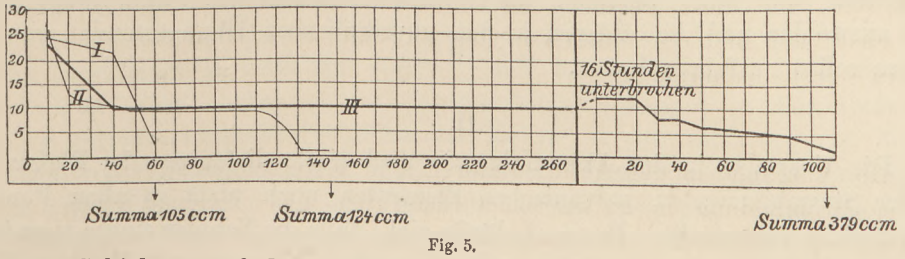


Fig. 5.

standenen Schichten auf den Elektroden der Zellen *A* viel aktiver sind als die aufgetragenen und nur teilweise chemisch bearbeiteten Massen in den Zellen *B* und *C*, nur ist ihre Quantität eine geringere. Ferner giebt die Kurve III ein klares Bild von dem Verlauf der Entladung der Akkumulatoren. Sind nämlich die freien, den Elektroden kurz nach der Ladung noch anhaftenden Gase verschwunden, so fällt die elektromotorische Kraft, bleibt aber dann lange constant, um später wieder sehr schnell zu sinken. Ausserdem erläutert die Kurve III, wie sich die Akkumulatoren, wenn nach stärkerer Entladung durch die dann eintretende Polarisation eine Schwächung eingetreten ist, „erholen" können, denn nach einer Pause von 16 Stunden waren die Resultate etwas grösser als vor der Unterbrechung.

Von dem Gedanken ausgehend, dass an den negativen Platten eines Plantéschen Elementes der Wasserstoff grösstenteils nutzlos entweicht, empfahl d'Arsonval *(Compt. rend. 90, 166; 1880)*, für die negativen Platten Zink und als Elektrolyten concentrierte Zinksulfatlösung anzuwenden. Es ist sehr lohnend, im Unterricht einen entsprechenden Versuch zu machen, also drei dicke, amalgamierte Zinkplatten mit zwei blanken Bleiplatten zusammenzustellen, dieselben in eine kalt gesättigte Zinkvitiriollösung zu senken und die Zelle zu laden. Man mache den Ladungsstrom so schwach, dass Gase noch nicht entweichen. Die Bleiplatten sind schon nach 6 Minuten schwarzbraun, die Zinkplatten durch das schwammig ausgeschiedene, aber fest haftende Zink mattgrau geworden. Würde man den Ladungsstrom verstärken, bis sich an den positiven Platten Sauerstoffbläschen eben frei machen, die von dem Blei nicht schnell genug gebunden werden können, so werden doch an den Zinkplatten noch keine Wasserstoffblasen erscheinen. Letztere treten erst bei stärkerem Ladungsstrom auf. Nebenbei sei bemerkt, dass dann der entweichende Sauerstoff wegen seines hohen Ozongehalts bräunend auf Jodkaliumstärkekleisterpapier einwirkt. Es genügt eine Ladungsdauer von 20 Minuten, um einen Entladungsstrom zu bekommen, der anfangs eine Spannung von 2,3 Volt zeigt, die nach einer Pause von 40 Minuten erst auf 2,05 Volt sinkt und selbst bei einer einzigen Zelle hinreicht, das Lämpchen I minutenlang in Weissglut zu erhalten, sowie Wasserzersetzung am kleinen Voltameter zu bewirken.

Ladet man immer nur 15—20 Minuten, so glüht jenes Lämpchen nach der 2., 4., 6., 7. und 12. Ladung bezüglich $2^1/_2$, $3^1/_2$, 10, 15, $22^1/_2$ Minuten. Wenn auch jene Zelle schon vor der Ladung eine geringe elektromotorische Kraft entwickelt, so ist dieser Versuch doch deshalb zu beachten, weil schon eine einzige Zelle nach einer so kurzen Ladungsdauer verhältnismässig so grosse Wirkungen aufweist, und ausserdem die chemischen Prozesse bei der Ladung und Entladung leicht zu übersehen sind.

Hiermit sei die Reihe der Versuche abgeschlossen, welche geeignet sein könnten, das Wesen der Akkumulatoren darzuthun. Es würde freilich sehr viel Zeit kosten, alle diese Versuche im Unterricht anzustellen. Man möge daher einige auswählen und die anderen in den physikalischen Übungsstunden von den Schülern selbst ausführen lassen.

II.

Die Vorgänge in den Akkumulatoren sind sowie diejenigen der Elektrolyse und der Strombildung in galvanischen Elementen noch nicht in allen Punkten mit Sicherheit festgestellt. Dennoch dürfte sich, falls die Schüler einige chemische Kenntnisse besitzen, das Bedürfnis geltend machen, in gewissem Grade auf die hier in Frage kommende Theorie einzugehen. Diesem Zwecke mögen die folgenden Betrachtungen dienen, ohne dass dadurch der Umfang des im Unterricht Verwendbaren bezeichnet sein soll.

Was die rein chemischen Veränderungen anbetrifft, so ist zunächst zu betonen, dass Wasser als solches kein Elektrolyt ist, dass vielmehr die ihm beigemischte Schwefelsäure primär in die Jonen H_2 und SO_4 zersetzt wird, von denen letzteres sekundär auf das Wasser einwirkt, indem es sich unter Abspaltung von Sauerstoff zu $H_2\,SO_4$ ergänzt. Bestehen nun, wie in einem Plantéschen Element, die Elektroden aus reinem Blei, so treten die Wasserstoffionen an die negative Platte, lockern deren Oberfläche auf und werden teilweise occludiert, teilweise entweichen sie in Blasenform. An der positiven Platte bildet der Sauerstoff im status nascens, wie von den meisten Forschern angenommen wird, das Superoxyd PbO_2. Entladet man, so macht sich die chemische Affinität des Bleis der negativen Platte zum SO_4-ion der Schwefelsäure geltend, es entsteht $PbSO_4$. Das H_2-Jon der Schwefelsäure reduciert das PbO_2 zu PbO, und dieses bildet mit der Schwefelsäure ebenfalls $PbSO_4$. Demnach ergeben sich die Gleichungen

$$\text{negative Platte: } Pb + SO_4H_2 = PbSO_4 + H_2,$$
$$\text{positive Platte: } PbO_2 + H_2 + SO_4H_2 = PbSO_4 + 2\,H_2O.$$

An beiden Platten entsteht also Bleisulfat, und 2 Mol. Schwefelsäure verschwinden, was auch am spezifischem Gewicht des Elektrolyten zu erkennen ist. Im Anfang der Entladung beteiligt sich auch der occludierte Wasserstoff an den Reaktionen, insofern er direkt an die positive Platte tritt und deren PbO_2 reducieren hilft.

Entsprechend diesen Reaktionen verhält sich eine geladene Plantésche Zelle analog einem constanten galvanischen Element z. B. einem solchen von Leclanché. Sowie hier Zink in der Salmiaklösung Wasserstoff entwickelt, der vom depolarisierenden Braunstein der Kohlenelektrode oxydiert wird, so wird dort der aus Blei und Schwefelsäure entstehende Wasserstoff durch das Bleisuperoxyd gebunden, und so die positive Elektrode depolarisiert. Es muss sich mithin auch ein Strom bilden, wenn man zwei mit Kollodium-Bleisuperoxyd bestrichene Platten

als positive mit drei reinen Bleiplatten als negativen zu einer Zelle vereinigt. In der That zeigte eine solche Combination die Spannung von 0,46 Volt. Diese nahm ganz von selbst zu und war nach einer Stunde, während das Messinstrument in dem Stromkreis eingeschaltet blieb, sogar auf 1,24 Volt gestiegen, wahrscheinlich deshalb, weil der an die positive Platte gehende Wasserstoff die Superoxydschicht mehr und mehr gelockert hatte, so dass den nachfolgenden Wasserstoffmengen der Zutritt erleichtert war, oder deshalb, weil die Leitungsfähigkeit des Kollodium-Bleisuperoxyds zugenommen hatte. Somit lässt sich ein Akkumulator als eine Zersetzungszelle erklären, die durch den Prozess der Elektrolyse zu einem constanten galvanischen Element wird. Diese Auffassung lässt sich noch durch folgenden Versuch befestigen. Zwei erschöpfte Daniellsche Elemente, deren Strom Wasser nicht mehr zu zersetzen vermag, weil in der Thonzelle keine Spur von Kupfervitriol mehr vorhanden ist, werden hinter einander in den Kreis eines kräftigen Stromes so geschaltet, dass das Kupfer an den positiven, das Zink an den negativen Pol angeschlossen wird. Nach 30 Minuten hebe man mittelst einer Pipette etwas Flüssigkeit aus der Thonzelle heraus. Dieselbe ist nunmehr intensiv blau gefärbt, und die Elemente sind imstande, im kleinen Voltameter Wasser zu zersetzen, sogar einen kurzen Platindraht zum Glühen zu bringen. Würde sich bei der Ladung erschöpfter Daniellscher Elemente aus dem Zinkvitriol das Zink nicht in Form von Flocken, sondern einer zusammenhängenden Schicht auf dem Zinkcylinder absetzen, so würde jener Versuch auch nicht ohne praktische Bedeutung sein.

Bei der zweiten Ladung einer Plantéschen Zelle reduciert der an die negative Platte wandernde Wasserstoff das Bleisulfat unter Bildung eines Moleküls Schwefelsäure zu schwammigem Blei, während der Sauerstoff das Bleisulfat der positiven Platte wieder zu Bleisuperoxyd oxydiert, wobei sich das zweite Schwefelsäuremolekül bildet. Gleichzeitig verschwinden die beiden Moleküle Wasser, die beim Entladen entstanden. Die Säure muss also concentrierter werden, und man kann in der That, wie Aron zuerst hervorhob, durch Messung des specifischen Gewichts der Säure (1,175—1,065) mittelst eines Aräometers den Gang der Ladung und Entladung der Akkumulatoren ungefähr beurteilen. Die Prozesse der zweiten Ladung sind also:

negative Platte: $PbSO_4 + H_2 = Pb + H_2SO_4$

positive Platte: $PbSO_4 + O + H_2O = PbO_2 + H_2SO_4$

Werden nun die Bleiplatten mit dem aus Mennige und Schwefelsäure bestehenden Gemisch präpariert, so erfolgt wahrscheinlich der Prozess:

$$Pb_3O_4 + 2\,H_2SO_4 = PbO_2 + 2\,PbSO_4 + 2\,H_2O,$$

und der erste Ladungsvorgang wird, wenn er vollständig durchgeführt würde, durch die Gleichungen dargestellt:

negative Platte: $PbO_2 + 2\,PbSO_4 + 8\,H = 3\,Pb + 2\,H_2SO_4 + 2\,H_2O$

positive Platte: $2[PbO_2 + 2\,PbSO_4 + 2\,H_2O + 2\,O] = 2\,[3\,PbO_2 + 2\,H_2SO_4]$.

Die positiven Platten werden daher mit der doppelten Menge aktiver Masse beladen. Die Entladungsvorgänge sind dieselben wie in der Plantéschen Zelle.

Aus obigen Gleichungen ergeben sich einige Folgerungen, die man beim Arbeiten mit Akkumulatorenstrom wohl zu beachten hat. Es ist nutzlos, mit einem Strom von solcher Stärke zu laden, dass Gase an den Platten entweichen, denen also nicht Zeit gelassen ist, oxydierend resp. reduzierend zu wirken. Das sogenannte Kochen der Zellen bedeutet daher einen Verlust. Man halte vielmehr den

Ladungsstrom so schwach, dass sich keine Gase entbinden, ehe die Ladung vollendet ist. Aber ebenso vermeide man es, eine Akkumulatorenbatterie zu weit (nicht unter 1,7 Volt) zu entladen, denn sonst bildet sich zu viel Bleisulfat, und da dieses einen sehr starken Ladungsstrom erfordert, so liegt die Gefahr nahe, dass eine stürmische Gasentwicklung eintritt, in Folge deren sich aktive Masse von den Platten ablösen und Kurzschluss bewirken kann. Auch hüte man sich, eine Akkumulatorenbatterie auf längere Zeit sehr stark in Anspruch zu nehmen. In diesem Falle vermag das Superoxyd nicht, die schnell ankommenden Wasserstoffmengen völlig zu oxydieren, die positiven Platten werden also polarisiert, der Strom wird geschwächt, die Ampère-Stunden fallen geringer aus, und durch den heftigen Anprall der Wasserstoffblasen zerbröckelt die nicht überall gleichmässig eingepresste aktive Masse, so dass sich die Platten bis zum Kurzschluss werfen. Schliesslich sei noch darauf hingewiesen, dass sich in einer geladenen Batterie bei langdauernder Nichtbenutzung der Bleischwamm der negativen allmählich sulfatisiert, mithin eine Selbstentladung statthat.

Die oben entwickelte Theorie über die chemischen Vorgänge in den Akkumulatoren wurde von Gladstone und Tribe (*Elektrotechnische Zeitschr. 1882, 332*) aufgestellt und später von verschiedenen Forschern, auch von Kohlrausch (*Elektrotechnische Zeitschr. 1889, 327*) acceptiert. Sie stützt sich wesentlich auf das Schwanken des Schwefelsäuregehaltes beim Laden und Entladen. Diesem Schwanken entsprechen zwar jene Formelgleichungen nicht ganz genau, auch steht damit das Aussehen der Platten nicht im völligen Einklang, so dass noch andere Ansichten über den Chemismus der Akkumulatoren bekannt geworden sind, wie von Frankland (*Proc. Roy. Soc. London, 46, 304—308; 1889*) und Drzewiecki (*La Lum. électr. XXXV, 290; 1890*), die sehr complizierte Thionate des Bleis annehmen. Indessen ist ihnen mehrfach widersprochen, so dass man vorläufig die Gladstone-Tribesche Theorie von der doppelten Sulfation der Elektroden als die beste anzusehen hat.

Aber auch alle weiteren chemischen Untersuchungen würden einer Prüfung durch die thermischen bedürfen. Es hat sich der Helmholtzsche Satz von der Gleichheit der von einem galvanischen Element gelieferten elektrischen Energie und der bei der Stromerzeugung verbrauchten chemischen Energie unter der Voraussetzung bestätigt, dass bei der Bestimmung der elektrischen Energie ausser der durch das Joulesche Gesetz bedingten Stromwärme noch die an der Berührungsstelle der Elektroden mit dem Elektrolyten auftretende Peltierwärme berücksichtigt wird (Jahn, *diese Zeitschrift, III 129*). Nun aber sind weder die betreffenden Peltierwärmen, noch ist die Bildungswärme des Bleisuperoxyds bekannt. Man muss daher einstweilen darauf verzichten, die Stromenergie und chemische Energie der Akkumulatoren in quantitative Beziehung zu setzen und eine Kontrolle für die Richtigkeit der chemischen Formelgleichungen anzustellen.

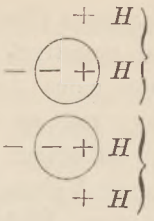
Aber die eine Frage bedürfte noch der weiteren Erwägung: Wie hat man sich in einem Akkumulator den Übergang der beiden Energieformen in einander zu denken, mit anderen Worten, wie soll man sich den innern Vorgang der die Ladung bewirkenden Elektrolyse und die Bildung des Stromes beim Entladen vorstellen?

Geht man von dem empirisch gefundenen Faradayschen Gesetz der Elektrolyse aus, nach welchem, im Sinne der modernen Chemie gesprochen, dieselbe Strommenge in verschiedenen Elektrolyten gleich viel Valenzen löst, d. h. stets äquivalente Mengen der Jonen an den Elektroden frei macht oder in andere

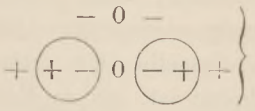
Verbindungen überführt, so muss man nach Helmholtz *(Vorträge und Reden, II, 296)* annehmen, dass die Elektrizität, positive wie negative, in bestimmte, gleich grosse elementare Quanta geteilt ist, und dass jedes Jon eines Elektrolyten, sei dasselbe ein Atom oder ein Atomcomplex, mit so vielen solcher Quanta geladen ist, als es Valenzwerte besitzt. Ferner ist einem Atom eines chemischen Elementes die Fähigkeit zuzuschreiben, die seiner Valenz entsprechende Anzahl Quanta positiver Elektricität durch solche negativer Elektricität zu vertauschen und umgekehrt, je nach den Umständen, wie besonders je nach seiner chemischen Affinität zu den jeweilig vorhandenen anderen Elementen. Zur Beantwortung der obigen Fragen ist schliesslich noch die Clausiussche Theorie der elektrolytischen Dissoziation der Jonen zu beachten, nach welcher bereits vor Einwirkung des galvanischen Stromes viele Moleküle eines Elektrolyten in ihre Jonen gespalten sind, und zwar um so mehr, je verdünnter die Lösungen sind, so dass es für den Strom nur einer geringen Arbeit bedarf, die Jonen völlig zu trennen und ihre Wanderung nach entgegengesetzter Richtung zu bewirken. Es mag für den Chemiker aus verschiedenen Gründen schwer sein, dieser letzteren Theorie beizutreten, namentlich weil man aus derselben folgern könnte, dass nunmehr der Begriff der chemischen Affinität bedeutungslos würde. Indessen hat Ostwald *(Naturw. Rundschau, 1889, 559)* gezeigt, dass man diese Theorie sehr wohl in die Chemie einführen kann, ohne die chemische Affinität aufgeben zu müssen, dass sie vielmehr eine ganze Reihe von Erscheinungen erklärt, welche die Chemie bisher nicht zu deuten vermochte.

Unter obigen Voraussetzungen dürfte nun die Ladung einer Polarisationszelle folgendermaassen von statten gehen. Der in die Zelle eintretende Strom richtet die Jonen. Das Kation H_2 wandert zur negativen, das Anion SO_4 zur positiven Elektrode. Jedes der beiden Wasserstoffatome ist mit einem Elementarquantum positiver Elektricität beladen. Aber das eine derselben giebt an die Kathode seine positive Ladung ab, die sich hier mit einer gleich grossen Menge der zugeführten negativen Elektrizität ausgleicht. Dafür empfängt es ein Elementarquantum negativer Elektrizität. Das jetzt negativ geladene Wasserstoffatom tritt dann mit jenem positiv geladenen Wasserstoffatom zu einem neutralen, an der Kathode frei werdenden Wasserstoffmolekül, in welchem sich die beiden Elektricitäten gebunden halten, zusammen. Von der in die Kathode fliessenden negativen Elektricität sind also zur Umladung des einen Wasserstoffatoms zwei Elementarquanta verbraucht. Das Anion SO_4 scheidet an der Anode aus einem Wassermolekül, dessen beide Wasserstoffatome es bindet, um sich zu H_2SO_4 zu regenerieren, ein bivalentes, mit zwei negativen Elektricitätsmengen beladenes Sauerstoffatom ab. Dieser Vorgang wiederholt sich. Während sich an der Kathode unter Aufwendung zweier anderer negativer Elektrizitätsmengen ein neues Wasserstoffmolekül frei macht, tritt an die Anode das zweite Sauerstoffatom. Nachdem dasselbe an der Anode umgeladen ist, wozu vier positive Elektrizitätsquanta erforderlich sind, combiniert es sich mit jenem ersten Sauerstoffatom zu einem neutralen, freiwerdenden Sauerstoffmolekül. So sind an der Kathode vier negative, an der Anode vier positive Elektrizitätsmengen zur Umladung äquivalenter Jonenmengen auf Kosten des Ladungsstroms verbraucht. Folgendes Schema mag dies veranschaulichen, in welchem die Kreise die bei der Umladung sich ausgleichenden Elektrizitätsmengen einschliessen.

an der Kathode:



an der Anode:



Jene sich ausgleichenden Elektrizitätsmengen sind jedoch nicht verloren. Durch den Ausgleich wird diejenige Wärme geliefert, die zur Zersetzung der beiden Wassermoleküle erforderlich ist, deren Wasserstoff zwei SO_4-Jonen zu Schwefelsäure zu regenerieren hatte. Mithin entspricht dem Stromverbrauch ein Freiwerden von Wasserstoff und Sauerstoff, d. h. elektrische Energie ist in chemische übergegangen. Denn werden nun die Elektroden für sich geschlossen, so macht sich die chemische Affinität zwischen Wasserstoff und Sauerstoff geltend. Würden die freien Gase mit einander gemischt, und das Gemisch entzündet werden, so würde die chemische Energie in Wärme übergehen. Hier dagegen soll statt der Wärme das entsprechende Quantum elektrischer Energie auftreten. Zu dem Ende muss die chemische Affinität, die zwischen Wasserstoff und Sauerstoff besteht, die negativen Wasserstoffatome jener beiden neutralen Wasserstoffmoleküle dazu veranlassen, sich positiv umzuladen; liegt ihnen doch auch ihrer stofflichen Natur gemäss das Bestreben hinzu inne. Somit sind vier positive Elektrizitätsquanta erforderlich. Diese aber können nur der neutralen Kathode, die einen unerschöpflichen Vorrat der beiden Elektrizitäten in gebundenem Zustand enthält, entzogen werden, so dass in derselben vier negative Elektrizitätsquanta nach aussen abgestossen werden. Andrerseits ladet sich das mit zwei positiven Elektrizitätsmengen behaftete Sauerstoffatom der Sauerstoffmolekel negativ um, wobei in der Anode vier positive Elektrizitätsquanta abgestossen werden. Nunmehr vereinigen sich die vier positiven Wasserstoffatome und die zwei negativen Sauerstoffatome zu Wasser. Im Schliessungsbogen aber gleichen sich die abgestossenen Elektrizitätsmengen aus, es entsteht der Entladungsstrom, der die umgekehrte Richtung des Ladungsstromes haben muss. Die chemische Affinität veranlasst also die Umladungen, und die hierbei freiwerdenden Kräfte setzen in den Elektroden die den Strom liefernden Elektrizitätsmengen in Bewegung.

Diese Auseinandersetzungen lassen sich nun auch leicht auf die Bleiakkumulatoren übertragen, wobei der Umstand besonders in Betracht kommt, dass das Bleiatom in der Verbindung $Pb\,SO_4$ zweiwertig und in der Verbindung $Pb\,O_2$ vierwertig auftritt. Wie geht die Ladung vor sich, wenn beide Elektroden Bleisulfat enthalten? Das H_2-Jon wandert zur Kathode, entzieht dem $Pb\,SO_4$ die SO_4-gruppe und bildet $H_2\,SO_4$. Das Bleiatom mit zwei positiven Elektrizitätsmengen wird frei. Dieses wiederholt sich, es wird ein zweites solches Bleiatom frei. Letzteres aber muss sich umladen und verbraucht hierzu vom Ladungsstrom vier negative Elektrizitätsquanta. Die beiden Bleiatome mit entgegengesetzten Elektrizitäten geben eine neutrale Molekel. An die Anode wandern zwei SO_4-Jonen und regenerieren sich auf Kosten zweier Moleküle Wasser zu Schwefelsäure; zwei Sauerstoffatome werden disponibel. Zwei Moleküle des an der Anode befindlichen Bleisulfats zerfallen in $Pb\,O + SO_3$. Die beiden SO_3-gruppen geben mit Wasser Schwefelsäure, und die beiden $Pb\,O$-gruppen werden von jenen beiden Sauerstoff-

atomen zu PbO_2 oxydiert. Da aber im PbO_2 das Bleiatom vierwertig ist, so sind noch je zwei, also im ganzen vier positive Elektrizitätsquanta erforderlich, welche der Ladungsstrom zu liefern hat. Wie in der Polarisationzelle werden also beim Laden je vier negative und positive Elektrizitätsquanta verbraucht, und hierdurch sowie durch die bei der Oxydation des PbO zu PbO_2 und der Vereinigung von SO_3 und H_2O freiwerdenden Wärmemengen werden die Kräfte disponibel, welche die Zerlegung von zwei Molekülen Wasser und zwei Molekülen $PbSO_4$ in $PbO + SO_3$ veranlassen. Wird entladen, so kommt einerseits die Affinität des Bleis zum SO_4-Jon, andererseits die Affinität des H_2-Jon zum Sauerstoff des PbO_2 zur Geltung. Zwei SO_4-Jonen wenden sich an die Kathode und finden hier zwei Bleiatome, das eine von diesen ladet sich um, wobei vier negative Elektrizitätsquanta in der Kathode frei werden. Die beiden H_2-Jonen binden von zwei PbO_2-Molekeln je ein Sauerstoffatom, es entstehen zwei PbO, wobei vier positive Elektrizitätsquanta frei werden und in den Schliessungsbogen gehen. Die beiden PbO bilden mit Schwefelsäure Bleisulfat. — Also auch in den Bleiakkumulatoren wird beim Laden elektrische Energie verbraucht und in Form von chemischer Energie aufgespeichert, beim Entladen gehen wieder die umgekehrten chemischen Prozesse vor sich unter Freiwerden von Elektrizität.

Diese Erklärungsweise mag nicht völlig einwurfsfrei sein, sie macht aber immerhin die Vorgänge des Ladens und Entladens anschaulich.

III.

Es liegt auf der Hand, dass die Akkumulatoren eine weit vorteilhaftere Stromquelle sind als galvanische Elemente, namentlich solche, welche wie die Bunsenschen grosse Mengen schädlicher Gase entwickeln und dem Experimentator viel Arbeit machen. Akkumulatoren haben ferner den Vorzug, dass ihnen wegen ihrer hohen elektromotorischen Kraft und des geringen inneren Widerstandes stärkere Ströme entnommen, und mit diesen grössere Effekte erzielt werden können. Um Glühlicht hervorzubringen, um geschmolzenes Chlormagnesium oder Ammoniak der Elektrolyse zu unterwerfen, sind mehr Bunsensche Elemente als Akkumulatorenzellen erforderlich, und wollte man jene Versuche mit den Daniellschen Elementen anstellen, so käme man entweder gar nicht zum Ziel, oder ihre Zahl müsste enorm gesteigert werden.

Jedem Lehrer der Physik oder Chemie kann daher anempfohlen werden, in seinem Experimentiertisch eine Akkumulatorenbatterie aufzustellen. Es fragt sich nur, wie man sie laden soll? Dynamostrom steht nicht jedem zur Verfügung. Für Schulzwecke dürfte sich aber eine Methode eignen, welche im Reichs-Telegraphendienst als praktisch befunden ist und demnächst dort allgemeinere Verwendung finden wird, nämlich das Laden mittelst der zum Telegraphieren bisher gebräuchlichen „Kupferelemente“. Die Construktion derselben beruht auf dem Prinzip der Meidingerschen Elemente (Fig. 6). Das Gefäss g von etwa 1 l Inhalt enthält als Anode einen dickwandigen Zinkring Zn, der vermittelst dreier vorspringender Zapfen auf dem Rande des Gefässes hängt. P ist eine als Kathode dienende Bleiplatte, an welcher der Bleistab s angegossen ist. Man füllt das Gefäss mit Wasser, in welchem ungefähr 20 g Zinksulfat

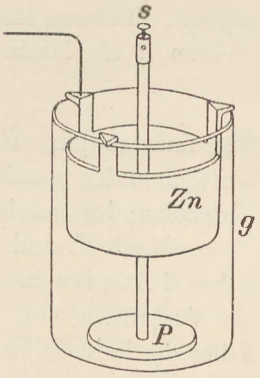


Fig. 6.

gelöst sind, bringt auf den Boden etwa 100 g Kupfervitriol und combiniert die einzelnen Zellen zu einer Batterie, die man in einem verschliessbaren Schrank ruhig stehen lassen muss, so dass eine Mischung der beiden Salzlösungen möglichst vermieden wird. Die elektromotorische Kraft des Elementes ist nach einigen Stunden 1 Volt, bleibt mehrere Wochen constant und sinkt dann auf 0,95 Volt. Je nach der Concentration der Lösungen beträgt der innere Widerstand 3—8 Ohm. Ist daher die Stromstärke auch nur schwach, so schwankt sie doch im Verlauf mehrerer Monate nur innerhalb enger Grenzen, und man hat zur Bedienung des Elementes nur nötig, je nachdem die Batterie in Anspruch genommen wird, mehr oder weniger Kupfervitriol hinzuzufügen. Der Zinkring hält, wenn er stark genug ist, bei mässigem Gebrauch 4 bis 5 Monate aus. Vermittelst eines auf dem Experimentiertisch anzubringenden Umschalters schliesst man diese Batterie der Kupferelemente an die Akkumulatoren an, schaltet sie aus, wenn man mit letzteren arbeiten will, schaltet sie aber nach der Benutzung des Akkumulatorenstromes sogleich wieder ein und ladet weiter.

Bedeutet m die Zahl der disponiblen Kupferelemente, e die elektromotorische Kraft und w den inneren Widerstand eines derselben, ferner p die Zahl der hintereinander geschalteten Elemente, also m/p die Zahl der parallel geschalteten Reihen, ist ferner n die Zahl der zu ladenden Akkumulatorenzellen, deren elektromotorische Kraft = 2 Volt gesetzt werden möge, während ihr innerer Widerstand zu vernachlässigen ist, q die Zahl der hintereinander geschalteten Zellen, also n/q die Zahl der parallel geschalteten Reihen, so wird die Akkumulatorenbatterie geladen mit einer Stromstärke

$$i = \frac{(ep - 2q)\,m}{wp^2}.$$

Damit überhaupt ein Strom durch die Akkumulatorenbatterie gehen kann, muss also die Zahl der hintereinander geschalteten Kupferelemente, wenn deren elektromotorische Kraft = 1 Volt ist, mehr als doppelt so gross sein als die Zahl der hintereinander geschalteten Akkumulatorenzellen. Nun habe eine Akkumulatorenzelle die nach Ampèrestunden gemessene Kapazität C, der ladende Strom muss mithin bis zur völligen Ladung $C \cdot n/q$ Ampère-Stunden liefern. Bezeichnet also t die Stundenzahl der Ladungsdauer, so ist

$$i \cdot t = C \cdot n/q,$$

woraus sich

$$t = C \cdot \frac{nw}{m} \cdot \frac{p^2}{q(ep - 2q)}$$

ergiebt. Daraus lässt sich weiter finden, dass, wenn C, n, w, m und e constant bleiben, t ein Minimum wird, wenn $p = 4q/e$ ist, und für diesen Fall ist

$$t = 8 \cdot C \frac{n \cdot w}{me^2}.$$

Man muss mithin, um am schnellsten zu laden, derartig schalten, dass die Zahl der hintereinander geschalteten ladenden Elemente das Vierfache der in einer Reihe hintereinander geschalteten Akkumulatorenzellen beträgt.

Nach F. und W. Kohlrausch scheidet nun 1 Coulomb 0,0003281 g Kupfer, daher 1 Ampère in 1 Stunde 1,181 g Kupfer ab, und dieser Kupfermenge entspricht ein Verbrauch von 4,651 g krystallisiertes Kupfersulfat und 1,213 g Zink. Soll daher die ladende Batterie $C \cdot n/q$ Ampère-Stunden liefern, so sind bis zu der völligen Ladung der wie oben geschalteten Akkumulatorenbatterie $M = C \cdot p \cdot n/q \cdot 4{,}651$ g Kupfervitiriol und $M_1 = C \cdot p \cdot n/q \cdot 1{,}213$ g Zink erforderlich. Falls es aber auf die Ladungsdauer nicht ankommt, ist der Consum an Material, m als constant

vorausgesetzt, ein Minimum für $q = n$, d. h. wenn sämtliche Akkumulatorenzellen hintereinander geschaltet werden, wobei jene Bedingung für die Möglichkeit der Ladung ($ep > 2n$) inne gehalten werden muss.

Für die meisten Schulversuche würde eine Akkumulatorenbatterie von 18 kleineren Zellen mit je 5 Ampère-Stunden Kapacität [1]) hinreichend sein; und würde man dieselbe beim Laden zu je 6 Zellen hintereinander, also in drei Parallelreihen schalten, so müsste man mit einer Batterie von 30 hintereinander zu schaltenden Kupferelementen auskommen. Die Ladungsdauer betrüge unter diesen Umständen 125 Stunden, die Kupfervitirolmenge 2094 g und die Zinkmenge 545 g. Die Kosten des zu entnehmenden Akkumulatorenstromes würden weit geringer sein, als wenn man sich der entsprechenden Zahl Bunsenscher Elemente bediente.

Die bei diesen Verhältnissen vorgenommene Ladung würde aber selbst wieder ein vorzüglicher Versuch sein, die Bedeutung der Akkumulatoren zu erläutern. Ein schwacher Strom von $^3/_{25}$ Amp., mit welchem Glühversuche kaum gelingen, fliesst 125 Stunden lang in die Akkumulatorenbatterie, und dann kann aus dieser ein Strom von mindestens 30 Amp. entnommen werden. Ein Akkumulator ist also im eigentlichen Sinne des Wortes ein Aufspeicherungsapparat.

Lage und Eigenschaften der Hauptpunkte einer Linse.

Von

Prof. **R. Henke** in Dresden.

Unter der Voraussetzung, dass auf eine sphärische Fläche, deren geometrischer Mittelpunkt O, deren sphärischer M ist, Centralstrahlen fallen, kann man an Stelle der sphärischen Fläche eine unbegrenzte Ebene E (Fig. 1) treten lassen. Dann vereinigen sich die von dem leuchtenden Punkt A (Gegenstand) ausgehenden Strahlen nach der Brechung in einem Punkte A' (Bild). Gegenstand und Bild liegen auf dem zu ihnen gehörigen Radius so, dass das Doppelverhältnis der Teilung gleich dem relativen Brechungscoeffizienten ist. Entsprechende Strahlen schneiden sich auf E; daher entspricht einer Parallelen AB zu E wiederum eine Parallele $A'B'$ zu E. Ist nun die Gegenstandsweite $AM = x$ (positiv vor der Fläche), die Bildweite $A'M = \xi$ (positiv hinter der Fläche) und der Radius $MO = r$ (positiv bei convexer sphärischer Fläche); ferner $AB = y$, $A'B' = \eta$ (beide positiv über AOA') und endlich n der relative Brechungscoeffizient, so gelten die Gleichungen:

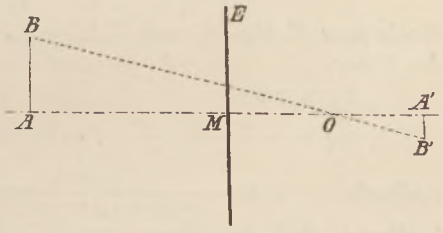


Fig. 1.

$$\frac{x + r}{\xi - r} = n \cdot \frac{x}{\xi} = -\frac{y}{\eta}.$$

Wird das zweite Medium durch eine zweite brechende convexe sphärische Fläche abgeschlossen, so entsteht eine Linse und der Strahl tritt nach der zweiten Brechung in

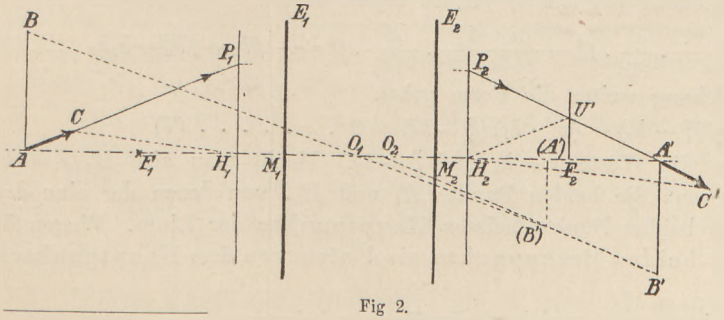


Fig 2.

[1]) Derartige Akkumulatorenzellen sowie die Kupferelemente sind zu sehr soliden Preisen zu haben beim Mechaniker Paul Müller, Berlin, Schönhauser Allee 143. Auch werden von demselben die anderen zu obigen Versuchen erforderlichen Apparate angefertigt, über die später Näheres mitgeteilt werden wird.

das erste Medium zurück. Dann hat man diese Gleichungen zweimal anzuwenden. In Fig. 2 sei $(A')(B') = \eta'$ das Bild von $AB = y$ nach der Brechung an der ersten, $A'B' = \eta$ dasjenige nach der Brechung an der zweiten Fläche und $(A')M_1 = \xi'$, $A'M_2 = \xi$, $M_1M_2 = d$ (Dicke der Linse); dann hat man

an Stelle von	x,	ξ,	r,	n,	y,	η,
bei der Brechung an E_1	x,	ξ',	r_1,	n,	y,	η',
bei der Brechung an E_2	$-(\xi'-d)$,	ξ,	$-r_2$,	$\frac{1}{n}$,	η',	η

zu setzen. Dadurch erhält man die Gleichungen:

$$\frac{x+r_1}{\xi'-r_1} = n\cdot\frac{x}{\xi'}, \quad \frac{-(\xi'-d)-r_2}{\xi+r_2} = \frac{1}{n}\cdot\frac{-(\xi'-d)}{\xi} \quad \ldots\ldots (1)$$

und

$$-\frac{y}{\eta} = n\cdot\frac{x}{\xi'}, \quad -\frac{\eta'}{y} = \frac{1}{n}\cdot\frac{-(\xi'-d)}{\xi} \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

Die Gleichungen (1) ergeben

$$\xi' = \frac{nr_1x}{(n-1)x-r_1} \text{ und } \xi'-d = -\frac{nr_2\xi}{(n-1)\xi-r_2},$$

also durch Subtraktion

$$\frac{r_1x}{(n-1)x-r_1} + \frac{r_2\xi}{(n-1)\zeta-r_2} = \frac{d}{n}.$$

Diese Gleichung kann man umformen in

$$\left(1-\frac{n-1}{n}\cdot\frac{d}{r_1}\right)x + \left(1-\frac{n-1}{n}\cdot\frac{d}{r_2}\right)\xi - \frac{x\xi}{f} + \frac{d}{n} = 0 \quad \ldots\ldots (3)$$

worin

$$\frac{1}{f} = \frac{n-1}{n}\cdot\frac{n(r_1+r_2)-(n-1)d}{r_1r_2} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}-\frac{n-1}{n}\cdot\frac{d}{r_1r_2}\right) \quad \ldots\ldots (4)$$

gesetzt wird.

Dividiert man (3) durch $x\xi$ und setzt für $\xi = \infty$, $x = f_1$; für $x = \infty$, $\xi = f_2$, so erhält man

$$f_1 = f\left(1-\frac{n-1}{n}\cdot\frac{d}{r_2}\right), \qquad f_2 = f\left(1-\frac{n-1}{n}\cdot\frac{d}{r_1}\right).$$

Macht man $F_1M_1 = f_1$ und $F_2M_2 = f_2$, so sind F_1 und F_2 die beiden Hauptbrennpunkte der Linse.

Setzt man

$$f_1 - f = -\frac{n-1}{n}\cdot\frac{d}{r_2}\cdot f = h_1 \text{ und } f_2 - f = -\frac{n-1}{n}\cdot\frac{d}{r_1}\cdot f = h_2 \quad \ldots\ldots (5)$$

wodurch

$$h_1 = \frac{-dr_1}{n(r_1+r_2)-(n-1)d} \text{ und } h_2 = \frac{-dr_2}{n(r_1+r_2)-(n-1)d}$$

bestimmt sind, so kann man mit Hilfe von h_1 und h_2 die Gleichung (3) bequemer schreiben. Zunächst würde sie lauten:

$$(f+h_2)x + (f+h_1)\xi - x\xi + df/n = 0.$$

Multipliziert man aber Gleichung (4) mit df^2/n, so erhält man

$$\frac{df}{n} = \frac{n-1}{n}\cdot\frac{d}{r_1}\cdot f^2 + \frac{n-1}{n}\cdot\frac{d}{r_2}\cdot f^2 - \frac{(n-1)^2}{n^2}\cdot\frac{d^2}{r_1r_2}\cdot f^2 = -fh_1 - fh_2 - h_1h_2 \quad \ldots\ldots (6)$$

Damit kann man der Gleichung weiter die Form geben

$$f(x-h_1) + f(\xi-h_2) - (x-h_1)(\xi-h_2) = 0 \quad \ldots\ldots\ldots (7)$$

Dieser Gleichung genügen die Werte $x = h_1$ und $\xi = h_2$. Macht man also $M_1H_1 = h_1$ und $M_2H_2 = h_2$, so erhält man die beiden Punkte H_1 und H_2, von denen der eine das Bild des andern ist. Diese beiden Punkte heissen Hauptpunkte der Linse. Wegen (5) ist $F_1H_1 = F_2H_2 = f$. Die beiden Brennpunkte sind also von den Hauptpunkten gleich weit entfernt.

Die Gleichung (7) kann man auch auf die Formen bringen

$$\frac{1}{x-h_1} + \frac{1}{\xi-h_2} = \frac{1}{f}, \quad \ldots\ldots\ldots (7^*)$$

oder

$$(x-h_1-f)(\xi-h_2-f) = f^2 \quad \ldots\ldots (7^{**})$$

Rechnet man Gegenstands- und Bildweite bis zu den Hauptpunkten, lässt man also x an Stelle von $x - h_1$ und ξ an Stelle von $\xi - h_2$ treten, so erhält man dieselbe Form der Gleichung zwischen x und ξ wie bei der unendlich dünnen Linse.

Aus den beiden Gleichungen (2) folgt durch Multiplikation

$$\frac{y}{\eta} = -\frac{x}{\xi} \cdot \frac{\xi' - d}{\xi'} = \frac{\frac{n-1}{r_1} x - 1}{\frac{n-1}{r_2} \xi - 1} \quad \ldots \quad (8)$$

Wegen $h_1/r_1 = h_2/r_2$ erhält man hieraus für $x = h_1$ und $\xi = h_2$

$$\frac{y}{\eta} = 1,$$

d. h. das Bild einer in einem Hauptpunkte zur optischen Axe senkrechten Geraden ist eine Gerade von gleicher Grösse und gleicher Richtung. Dadurch ist der Begriff der in H_1 und H_2 zu $H_1 H_2$ normalen Hauptebenen bestimmt.

Da nach (5)

$$\frac{n-1}{r_1} = -n \frac{h_2}{df}, \quad \frac{n-1}{r_2} = -n \frac{h_1}{df},$$

so kann man Gleichung (8) schreiben:

$$\frac{y}{\eta} = \frac{h_2 x + \frac{df}{n}}{h_1 \xi + \frac{df}{n}},$$

oder wenn man den Wert von df/n aus (6) einsetzt:

$$\frac{y}{\eta} = \frac{h_2 (x - h_1 - f) - f h_1}{h_1 (\xi - h_2 - f) - f h_2}.$$

Nach (7**) ist aber

$$\xi - h_1 - f = \frac{f^2}{x - h_1 - f},$$

folglich wird der Nenner des Bruches

$$h_1 (\xi - h_2 - f) - f h_2 = -\frac{f}{x - h_1 - f} [h_2 (x - h_1 - f) - f h_1],$$

also

$$\frac{y}{\eta} = -\frac{x - h_1 - f}{f} = -\frac{x - h_1}{f} + 1$$

oder nach (7*)

$$\frac{y}{\eta} = -\frac{x - h_1}{\xi - h_2}.$$

Dadurch ist bewiesen, dass zu einem durch einen Hauptpunkt eintretenden Strahl ein durch den andern Hauptpunkt austretender, mit dem eintretenden paralleler Strahl gehört.

Hiernach kann man auch zu einem einfallenden Strahl den austretenden construieren. Sei (in Fig. 2) AC ein von dem Punkte A der optischen Axe ausgehender Strahl; schneidet derselbe die in H_1 zur optischen Axe normale erste Hauptebene in P_1, so ist der Punkt P_2 der zweiten Hauptebene das Bild von P_1, wenn $H_2 P_2 = H_1 P_1$ gemacht wird. Zieht man durch H_2 eine Parallele zu AP_1, welche die in F_2 zur optischen Axe normale Ebene in U' schneidet, so ist U' das Bild des unendlich fernen Punktes von AP_1. Mithin ist $P_2 U'$ der austretende Strahl. Der Schnittpunkt A' mit der optischen Axe ist das Bild von A, und der Schnittpunkt C mit der durch H_2 zu CH_1 gezogenen Parallelen ist das Bild von C. [1])

[1]) Diese Construktion ist dieselbe, wie sie Gauss (Dioptrische Untersuchungen, Werke Bd. 5. Göttingen 1877) und Ferraris (Fundamentaleigenschaften der optischen Instrumente, deutsch von Lippich, Leipzig 1879) gegeben haben.

Physikalische Aufgaben.

1. Welchen Winkel bildet die Visierlinie (Verbindungslinie zwischen Kimme und Korn) mit der Axe eines Gewehrlaufs, wenn die mit 500 m Anfangsgeschwindigkeit abgefeuerten Kugeln auf 1000 m Entfernung genau den aufs Korn genommenen Punkt treffen? Wie muss man bei 900 m Entfernung zielen?

Auflösung: Der Winkel ist 1° 8′. — Man muss auf 900 m Entfernung 1,8 m über das Ziel halten.

2. In einem Cylinder sind Schwefelkohlenstoff, Wasser und Benzol je 9 cm hoch aufeinander geschichtet. Um wieviel scheint der Boden des Gefässes gehoben, wenn man von oben in dasselbe hineinblickt?

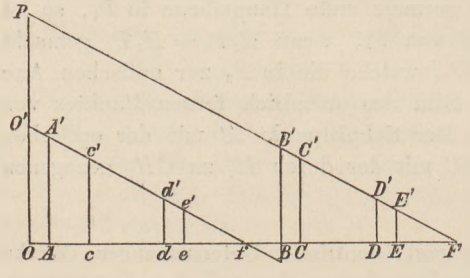
Auflösung: Eine planparallele Platte nähert die durch sie hindurch gesehenen Objekte dem Auge um $(1—1/n)$ ihrer Dicke. Denkt man sich zwischen je zwei Flüssigkeitsschichten sowie zwischen der untersten und dem Boden noch eine unendlich dünne Luftschicht, so hat man nur die einzelnen Wirkungen der drei Schichten zu addieren. Der Ausdruck $(1—1/n)$ hat für die genannten Flüssigkeiten die Werte $2/5$, $1/4$, $1/3$. Die gesamte Annäherung ergiebt sich hieraus = 8,85 cm.

3. In den Ecken eines Dreiecks, dessen Seiten 2 m, 3 m, 4 m Länge haben, stehen drei Grove-Elemente vom inneren Widerstand $1/4\ SE$ und der elektromotorischen Kraft 21,6 (bezogen auf SE und ccm Knallgas pro Minute). Sie sind in gleichem Sinne in eine geschlossene Leitung aus Neusilberdraht (1 mm Durchmesser, spec. Wid. = $1/5$) eingeschaltet, die längs des Dreiecksumfangs ausgespannt ist. Wie gross ist nun die elektromotorische Kraft eines Daniellschen Elementes, welches stromfrei ist, wenn seine Pole mit zwei Punkten derselben Dreiecksseite verbunden werden, deren Abstand = 2,3 m ist?

Auflösung: Der Widerstand von 1 m Neusilberdraht ist = 0,255 SE, daher ergiebt sich der gesamte innere und äussere Widerstand = 3,05 SE. Längs desselben nimmt das Potential stetig um 3 Grove = 64,8, also für 1 SE um 21,2 Einheiten ab, ausserdem erfolgen noch sprungweise Änderungen an den Erregungs-Stellen, die man ohne die Stromstärken zu ändern in eine einzige zusammenziehen könnte. Der Widerstand von 2,3 m Neusilberdraht ist = 0,59 SE, das entsprechende Potentialgefälle = 0,59 . 21,2 = 12,4 ist die gesuchte elektromotorische Kraft eines Daniell.

4. In eine geschlossene Leitung ist an zwei, nicht benachbarten, Punkten je ein Grove-Element in gleichem Sinne eingeschaltet. Der eine Teil der Leitung besteht aus 3 m Neusilberdraht von $1/2$ mm Durchmesser (spec. Widerstand = $1/5$), auf dem andern Zweige durchfliesst der Strom zuerst 1 m ebensolchen Drahtes, dann 1 m Neusilberdraht von 1 mm Durchmesser, dann 9 m Kupferdraht von $1/2$ mm Durchmesser. Der innere Widerstand eines Elementes = $1/4\ SE$. Welche Punkte beider Leitungen können durch stromlose Brückendrähte verbunden werden?

Auflösung: Der Widerstand von 1 m des dünnen Neusilberdrahtes ist 1,020, des stärkern 0,255, des Kupferdrahtes = 0,085 SE. Daraus folgt für den ersten Teil der Leitung der Widerstand $AB = 3{,}060\ SE$, für die Abschnitte des zweiten Teils $CD = 1{,}020$, $DE = 0{,}255$, $EF = 0{,}765\ SE$. Diese Werte sind als Strecken auf einer Abscissenaxe dargestellt, ebenso die inneren Widerstände durch $OA = BC = 0{,}25$. Liessen sich alle elektromotorischen Kräfte in O vereinigen, so sänke das Potential gleichmässig längs des Gesamtwiderstandes $OF = 5{,}66\ SE$ von dem Werte $OP = 2$ Grove zu 0. Wird in jedem Element eine elektromotorische Kraft an der Berührungsstelle des unedlen Metalls mit der Flüssigkeit, in O und in B, angenommen, so hat das Potential, wo es sich stetig ändert, dasselbe gleichmässige Gefälle wie früher, also 1 Grove auf 2,8 SE, es steigt



aber in O von dem Werte 0 auf der ersten abgeleiteten Zinkplatte nur auf 1 Grove für die benachbarte Flüssigkeitsschicht, und bleibt bis B überall um 1 Grove unter seinem früheren Werte. Sollen nun in C und c die Potentiale übereinstimmen, so müssen die stetigen Abnahmen, die das Potential von c bis C erleidet, durch den Sprung von 1 Grove in B compensiert sein, d. h. sie müssen sich im ganzen auch auf 1 Grove belaufen, oder der Widerstand cC muss $= 2{,}80\ SE$ sein. Nun ist $OC = 3{,}56$, also $Oc = 0{,}76$, und $Ac = 0{,}51\ SE$. Sind die Widerstände zwischen c, d, e, f gleich denen zwischen C, D, E und F, so werden auch D und d, E und e, F und f gleiches Potential haben. Es muss also sein

$$Ad = 1{,}530, \quad Ae = 1{,}785, \quad Af = 2{,}550\ SE.$$

oder durch die Länge des Drahtes selbst ausgedrückt, von dem 1 m $= 1{,}02\ SE$ war:

$$Ac = 0{,}50\ \text{m}, \quad Ad = 1{,}50\ \text{m}, \quad Ae = 1{,}75\ \text{m}, \quad Af = 2{,}50\ \text{m}.$$

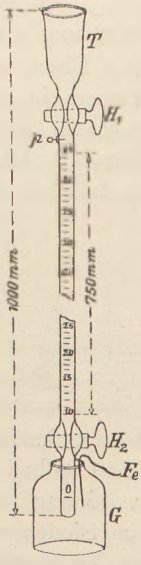
M. Koppe.

Kleine Mitteilungen.

Ein Demonstrationsbarometer.

Von **Bruno Kolbe** in St. Petersburg.

Die Demonstration des Quecksilberbarometers in den Mittelschulen beschränkt sich meist auf das Vorzeigen des gefüllten Barometers, oder im besten Fall auf das Füllen einer geraden Barometerröhre, deren offenes Ende beim Eintauchen in das Quecksilber mit dem Zeigefinger verschlossen wird. Bequemer ist das in Folgendem beschriebene Demonstrationsbarometer [1]). Ein starkwandiges Barometerrohr von 8 mm innerem Durchmesser ist mit zwei luftdicht schliessenden Glashähnen (H_1 und H_2) und oben mit einem Trichter (T) versehen. Das untere Ende des Rohres hat etwa 3 cm vom Rande eine Marke, die mit O bezeichnet ist und zugleich den Nullpunkt der Millimeterskala angiebt, die von 100 bis 850 mm reicht. Sie ist tief eingeätzt und mit Mennige rot gefärbt, daher auch auf dem mit Quecksilber gefüllten Rohre gut sichtbar. Unterhalb des oberen Hahnes (H_1) ist ein starker Platindraht (p) eingeschmolzen, der zur Funkenentladung im luftverdünnten Raume dient.



Das Füllen des Demonstrationsbarometers geschieht einfach in folgender Weise. Bei geschlossenem unterem Hahne (H_2) wird das Rohr in das zur Hälfte mit Hg gefüllte Glasgefäss G gestellt und oben Hg eingegossen, bis das ganze Rohr und der grösste Teil des Trichters (T) gefüllt ist (wozu bei meinem Apparat 1100 g Hg erforderlich sind). Nun wird der obere Hahn (H_1) geschlossen und H_2 geöffnet. Die aus dem unteren Teile der Glasröhre (bei O) aufsteigenden grossen Luftblasen reissen die im Hg befindlichen kleinen Luftblasen fast vollständig mit sich fort. Schliesst man jetzt den unteren Hahn (H_2) und lässt aus dem Trichter Quecksilber nachfliessen bis die Röhre ganz gefüllt ist, so braucht man nur den oberen Hahn zu schliessen und den unteren zu öffnen, so ist das Demonstrationsbarometer zum Gebrauch fertig! Klemmt man das Rohr nun so in ein passendes Stativ ein, dass die Marke O mit dem Quecksilberniveau im Gefäss G zusammenfällt, so kann man direkt den Stand der Quecksilbersäule ablesen. Hat man ein niedriges, stellbares Tischchen für das Gefäss G zur Hand, so wird natürlich die Einstellung erleichtert.

Für elektrische Versuche hat man in diesem Falle über ein Vakuum von 16 bis 17 cm Länge zu verfügen. Der eine Poldraht wird an die Öse des Platindrahtes (p) gehakt, der andere (bei geöffnetem Hahn H_2) mit einem Eisendraht (Fe) verbunden, der

[1]) Demonstriert in der physikal. Sektion des pädagog. Museums in St. Petersburg am 11./23. März 1892. Die Glasfabrik von Rüting (St. Petersburg, Wosnessensky Persp. 26) liefert diese Demonstrationsbarometer in der angegebenen Ausführung für 9 Rubel 25 Kop. und wenn die Millimeterskala nur von 700 bis 850 zu reichen braucht, für 8 Rubel 25 Kop. (etwa 17 Mark).

in das Glasgefäss (G) gesenkt wird. Will man den luftverdünnten Teil noch länger haben, so schiebt man über das untere Ende der Röhre einen starkwandigen Gummischlauch (der aber fest geschnürt werden muss!), in den ein gleich dickes Glasrohr von entsprechender Länge eingeschoben ist, und verfährt wie vorher. Auf diese Weise gelang es mir, einen luftverdünnten Raum von 75 cm Länge herzustellen, der die betreffenden Lichterscheinungen überraschend schön zeigte.

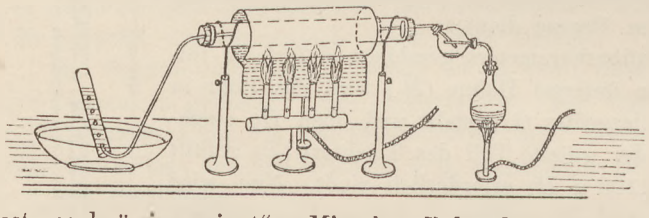
Das Entleeren des Barometers geschieht in der Weise, dass man den Hahn H_2 öffnet und den oberen Hahn langsam aufdreht. Natürlich muss das Glasgefäss G so gross gewählt werden, dass es die ganze Quecksilbermenge zu fassen vermag. Andernfalls stellt man G in ein breiteres Glasgefäss von nahezu gleicher Höhe, in welchem das überlaufende Quecksilber aufgefangen wird.

Es empfiehlt sich der Sicherheit wegen, den Glashahn H_2 durch zwei Gummistreifen (oder besser durch eine dünne federnde Stahlplatte mit Gummi-Unterlage, welche an einem Stahlröhrchen drehbar angebracht ist, das über den unteren Teil des Barometerrohrs geschoben wird) derart an der Röhre zu befestigen, dass er stets hineingedrückt wird. Sollte sich einmal zufällig Quecksilber durchgedrängt haben, so muss man den Hahn herausnehmen und die geschliffenen Stellen hier und im Rohr sorgfältig reinigen.

Ein Versuch über die Zerlegung des Wassers.

Von Prof. **P. Meutzner** in Meissen.

Mit Rücksicht auf die jetzige Erklärung sowohl der galvanisch bewirkten Wasserzersetzung als auch der Entstehung des Wasserstoffes beim Uebergiessen von Zink oder Eisen mit Schwefelsäure scheint mir der historische Versuch der Zerlegung des Wassers in seine Elemente wieder von grosser Bedeutung. Wilbrand (*Leitfaden der anorganischen Chemie S. 17*) schlägt vor, Eisen in einer Platinröhre zum Glühen zu erhitzen: nicht jede Anstalt ist in der Lage, eine Platinröhre sich zu beschaffen. Arendt (*Technik der Experimentalchemie, Bd. II, S. 124*) verwendet dazu ein mit Eisendrahtstücken gefülltes Porzellanrohr, das in einem Lampenofen zu lebhafter Rotglut erhitzt wird, und sagt dann „in einem Glasrohre ist der Versuch in der hier beschriebenen Weise nicht gut auszuführen, weil das Rohr fast regelmässig springt“. Mit einer Röhrenlampe zu 4 Brennern und mit einer gewöhnlichen böhmischen Verbrennungsröhre gelingt der Versuch ganz sicher, wenn man die Anordnung nach nebenstehender Figur trifft. Der Dampf des in einer Kochflasche zum Sieden erhitzten Wassers geht zunächst in eine Kugelvorlage und von ihr nach der Verbrennungsröhre: dadurch wird das Einspritzen von Wassertröpfchen in die sehr heisse Röhre vermieden. Die etwas schräg liegende Röhre enthält ein Bündel Eisendraht, wie er zum Blumenbinden verwendet wird. Um den Draht zum lebhaften Glühen zu bringen und darin zu erhalten, umgiebt man die Röhre mit einem Mantel aus Schwarzblech, der unten so weit geöffnet ist, dass die 4 Flammen der Röhrenlampe auf die Verbrennungsröhre kräftig einwirken können. Zwischen das Drahtbündel und die gewöhnlichen Korke, welche die Röhre verschliessen, legt man dicke Asbestpfropfen, wodurch das Anbrennen der Korke und das Zerspringen sowohl der Verbrennungsröhre, wie das der den Dampf zu- und das Wasserstoffgas ableitenden Röhrchen zugleich verhindert wird. In kurzer Zeit ist ein gewöhnliches Probierglaschen mit H gefüllt. Das bekannte Condensationsgeräusch sowie in das Probierglas eindringender Wasserdampf bezeichnen ziemlich deutlich das Ende der Reduktion.

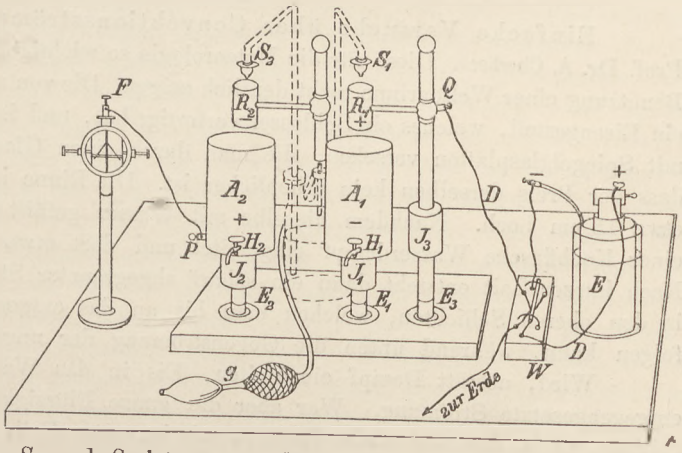


Über einen elektrischen Wasserstrahlduplikator zum Nachweis der freien Spannung an den Polen eines galvanischen Elementes.

Von **J. Elster** und **H. Geitel** in Wolfenbüttel.

Gelegentlich der Versammlung des Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichtes im September vorigen Jahres in Braunschweig führte der eine von uns in der Abteilung für Physik einen Wasserstrahlduplikator vor, der dazu dienen kann, einem grösserem Zuhörerkreise die freie elektrische Spannung an den Polen eines einzelnen galvanischen Elementes sichtbar zu machen. Das Prinzip dieses einfachen Apparates haben wir bereits vor mehreren Jahren in *Wiedemanns Annalen (Bd. 25 S. 114, 1885)* veröffentlicht. Da derselbe in der neuen Form stets fertig zum Gebrauch ist und durch Anbringung einer weiteren Drahtverbindung sofort in die Thomsonsche Wasserinfluenzmaschine umgewandelt werden kann, also einen doppelten Zweck erfüllt, so möchten wir diesen Apparat in seiner jetzigen Gestalt hier kurz beschreiben und seine Verwendung im Schulunterrichte empfehlen.

Die beiden mit Ablasshähnen H_1 und H_2 versehenen Metallgefässe A_1 und A_2 (vergl. die Figur) sind durch die gefirnissten Ebonitsäulen E_1 und E_2 vom Erdboden isoliert. Über A_1 befindet sich der an der Ebonitsäule E_3 verschiebbare Metallring R_1, über A_2 ein ebensolcher, R_2, durch die Metallsäule L leitend mit B verbunden und an jener gleichfalls verstellbar. Mittelst des Gummigebläses G lassen sich zwei Wasserstrahlen erzeugen, welche aus der als Reservoir dienenden dreihalsigen Flasche austretend die Ringe R_1 und R_2 durchsetzen. Die Weite der metallenen (abschraubbaren) Ausflussröhrchen S_1 und S_2 ist so gewählt, dass bei mittlerem Druck im Gebläse und der in der Zeichnung angegebenen Stellung der Ringe die Auflösungsstelle des Strahles innerhalb der Ringe liegt. J_1, J_2 und J_3 sind oben geschlossene, unten indessen offene und das Ebonit innen nirgends berührende Metallcylinder; sie schützen das letztere vor Berührung durch abfliegende Wassertröpfchen.



Das Spiel des Apparates ist folgendes:

Verbindet man Ring R_1 unter Einschaltung einer Wippe durch den Draht D mit dem positiven Pole eines galvanischen Elementes E, dessen anderer Pol zur Erde abgeleitet ist, so werden die von dem Stamm des ersten Strahles sich ablösenden Wassertröpfchen negativ elektrisch und geraten so mit einer bestimmten, wenn auch schwachen Ladung behaftet, in das Gefäss A_1. Jeder hineinfallende Tropfen wird ein innerer Punkt dieses Leiters und giebt seine Elektrizität in Folge dessen ab, und das Gefäss A_1, also auch der Ring R_2, nimmt dadurch eine negative elektrische Ladung an, deren Dichtigkeit continuierlich wächst und bald die auf dem Ringe R_1 befindliche weit übertrifft. Nun wiederholt sich der gleiche Vorgang in Bezug auf R_2 und Gefäss A_2, nur mit dem Unterschiede, dass R_2 von vornherein kräftiger influenzierend wirkt als R_1. Da R_2 negativ geladen ist, so zeigt A_2 freie positive Elektrizität, die durch ein Gold- oder Aluminiumblattelektroskop F oder auch durch ein an A_2 mit etwas Wachs befestigtes, leichtes elektrisches Pendel sichtbar gemacht werden kann. Das Gefäss A_2 hat, wie man leicht übersieht, immer eine freie Spannung, welche dasselbe Zeichen besitzt, wie die des nicht abgeleiteten Poles des Elementes. Nach jedesmaligem Umlegen der Wippe

wechselt daher die Ladung des Gefässes A_2 ihr Zeichen. Vor dieser Operation empfiehlt es sich, um Störungen auszuschliessen, die beiden Gefässe durch einen dem Apparate beigegebenen Metallbügel einige Zeit unter sich und mit der Erde zu verbinden. Das Gummigebläse benetzt man zweckmässig mit etwas Wasser, um ein Elektrischwerden seiner Oberfläche zu verhindern.

Zur Umwandlung des Duplikators in die bekanntlich selbsterregende Thomsonsche Wasserinfluenzmaschine bringt man zwischen den Schrauben P und Q einen Metalldraht an; Element, Wippe und Elektroskop sind alsdann natürlich zu entfernen; dagegen verbindet man passend die beiden Gefässe A_1 und A_2 mit den Armen eines Ausladers. Bei günstiger Einstellung der Ringe gelingt es leicht, zwischen den Elektrodenkugeln Funken von 10 bis 12 mm Länge, die in regelmässigen Intervallen wiederkehren, zu erzeugen.

Der Apparat wurde in der beschriebenen Anordnung von Herrn O. Günther, Präzisionsmechaniker der technischen Hochschule in Braunschweig, zur Ausführung gebracht. Der Preis stellt sich (ohne Element, Wippe und Elektroskop) je nach Ausstattung auf 40—60 Mark.

Für die Praxis.

Einfache Versuche über Convektionsströmungen durch Wärme. Von Prof. Dr. A. Oberbeck. Diese für die Meteorologie so wichtigen Erscheinungen lassen sich mit Benutzung einer Wellenrinne recht deutlich zeigen. Die von mir benutzte Wellenrinne besitzt ein Eisengestell, welches ein Schlosser verfertigt hat, und ist am Boden und an den Seiten mit Spiegelglasplatten versehen, die man durch einen Glaser anbringen lassen kann, so dass der Preis derselben kein erheblicher ist. Die Rinne ist 2 m lang, 10 cm breit und etwa 15 cm hoch. Nachdem dieselbe mit Wasser gefüllt ist, wird am einen Ende aus einer Kochflasche Wasserdampf eingeleitet und dort etwas Farbstofflösung hinzugesetzt. Nach kurzer Zeit entsteht dann ein scharf abgegrenzter Strom der gefärbten Flüssigkeit in den oberen Schichten, welchen man bis an das entgegengesetzte Ende deutlich verfolgen kann, während unten die Gegenströmung der ungefärbten Flüssigkeit stattfindet.

Wird, anstatt Dampf einzuleiten, Eis in das Wasser gebracht, so entsteht die entgegengesetzte Strömung. War aber die ganze Flüssigkeit zuvor auf ungefähr 4° abgekühlt, so ist das Bild wieder ähnlich, wie im ersten Fall, da jetzt das kältere, leichtere Wasser oben abfliesst.

Das Fixieren magnetischer Kraftfelder geschieht mit glänzendem Erfolg auf bedeutend einfachere Weise als dies Dr. L. Gerland in der Zeitschrift für Elektrotechnik (*III. 694*, vgl. *Müller-Pfaundler III. 90*) angiebt. Ich lege einfach eine dünne Glasplatte über den Magneten und streue Eisenfeile mittelst eines feinen Siebchens auf dieselbe; darauf bespritze ich die Platte mittelst eines Pulverisators mit dem Fixatif von Dr. Fr. Schoenfeld & Co. in Düsseldorf. Fast sofort ist das Kraftfeld fixiert, das nun nicht nur herumgegeben, sondern auch projiziert werden kann.

Zeichnungen auf Glas für Projektionen. Bekanntlich kommen im Handel Glasphotogramme vor, die zum Projizieren vorzüglich geeignet sind und bei dem Unterrichte in der Physik stets Interesse erregen. Da man aber nicht immer käuflich erhalten kann, was man braucht, so verfahre ich seit einiger Zeit wie folgt: Ich lege eine mittelst Seife gereinigte Platte von mattgeschliffenem Glase über die abzunehmende Zeichnung und bilde alles einfach mit Tusche nach; man kann natürlich auch direkt eine Zeichnung machen. Darauf erwärme ich die Platte bis circa 60° und giesse das etwa gleich stark erhitzte Mastixfirnis von Dr. Fr. Schoenfeld & Co. in Düsseldorf darüber. Das mattgeschliffene Glas ist dann gänzlich durchsichtig geworden und die Zeichnung ist zur Verwendung in einem Projektionsapparate vorzüglich geeignet.

J. G. van Deventer, *Breda in Holland.*

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Turbine zu Vorlesungsversuchen. Von. EB. GIESELER. Der Apparat ist dazu bestimmt, eine beliebig gerichtete Axe in schnelle Rotation zu versetzen, um damit andere Apparate zu betreiben, namentlich aber Vorlesungsversuche anzustellen. Als Betriebskraft dient das unter Druck stehende Wasser der städtischen Leitung, das dem Apparat durch einen Gummischlauch zu- und entsprechend abgeführt wird. Das Wasser durchläuft dabei eine vollständig in einem eisernen Kasten eingeschlossene schottische Turbine von 6 cm Durchmesser, deren aus dem Kasten hervorragende Axe dadurch in schnelle Drehung versetzt wird. Der Kasten ist an einem eisernen Untersatze so befestigt, dass man ihn wie eine horizontale Axe verstellen und also der rotierenden Turbinenaxe jede beliebige Richtung geben kann. Der Apparat, der nur eines Tisches als Unterlage bedarf, wiegt 15 kg und kostet 65 M; er macht bei ca 35 m Wasserdruck bis 1500 Umdrehungen in der Minute und verbraucht dabei in der Stunde etwa 0,95 cbm Wasser.

Der Apparat kann zu den Versuchen gebraucht werden, die sonst mit der Centrifugalmaschine gemacht werden, zu Messungen kleiner Zeiten, die mit Induktionsfunken auf rotierenden Scheiben markiert werden, ferner für den Rotationsmagnetismus, für die Zerlegung eines Funkenbildes durch schnell rotierende Spiegel, und im besondern noch zu folgenden Versuchen: 1. Eine Sirenenscheibe von 26,5 cm Durchmesser wird auf die mit der Turbinenaxe verbundene Scheibe gelegt. Mit der Ecke einer Visitenkarte, die man auf den Lochreihen schleifen lässt, kann man dann sehr laute Töne mit trompetenartiger Klangfarbe erzeugen, wie auch durch Anblasen die gewöhnlichen milden Töne hervorbringen. — 2. Eine Scheibe wird mit Ringen phosphoreszierender Substanzen, indem man diese pulverförmig auf Klebstoff ausstreut, belegt. Durch einen Heliostaten wird Sonnenlicht auf einen Radius der Scheibe geworfen, und zwar durch ein geschwärztes Rohr, so dass man im verfinsterten Raume nichts sieht. Lässt man nun den Apparat laufen, so sieht man die phosphoreszierenden Ringe, je nach der Dauer der Phosphoreszenz, auf mehr oder weniger langen Strecken leuchten. — 3. Lässt man den Sonnenstrahl auf eine mit sechs bis acht Löchern versehene Scheibe fallen, so erhält man eine intermittierende Beleuchtung, in der man schwingende Saiten stillstehend oder langsam schwingend erscheinen lassen kann; wenn man im vertikal abwärts gerichteten Strahl ein Stück Kreide fallen lässt, so sieht man dasselbe nur nach kurzen Intervallen und erblickt so gewissermaassen das Fallgesetz, das sich selbstverständlich auch photographieren lässt.

(*Wied. Ann. 46, 333; 1892.*)

Ein Intensivnatronbrenner. Von H. E. J. G. du BOIS. Die Unzulänglichkeit der gewöhnlich benutzten Salzperle ist allgemein bekannt und mancher Versuch zur Abhilfe ist gemacht worden. U. a. hat Lummer neuerdings Glasröhrchen, die mit Natriumsalz gefüllt wurden, angewandt. Als zweckmässigste Anwendung zur Gewinnung monochromatischen Lichtes beschreibt der Verfasser in der *Zeitschr. für Instr. (XII, 166; 1892)* die folgende, nachdem er sich überzeugt hat, dass weder Natriummetall noch zerstäubte Salzlösung dem festen Salz an Sauberkeit des Arbeitens und an Helligkeit gleichkommen. Man stellt Natronstifte von 0,4 cm Durchmesser und 12—15 cm Länge aus Natriumbicarbonat, Natriumbromid und Traganth in bestimmten Verhältnissen her. Diese Stifte sind bedeutend schlechtere Wärmeleiter als die gegossenen Salzstangen, sie schmelzen und verdampfen daher nur an der in der Flamme befindlichen äussersten Spitze. Der porös verkohlende Traganth trägt vermutlich zur Reduktion der noch flüssigen Salze bei, die sich dann vollends in Dampfform vollzieht. Zum Einführen der Natronstifte in die Flamme dient eine Führung mit Zahngetriebe, die vom Beobachter aus beliebiger Entfernung mittels eines langen Schlüssels reguliert wird. Zur Beseitigung der aus der Flamme tretenden Dämpfe ist der Brenner mit einem Ansatzrohr zu versehen,

das ins Freie oder in einen Abzug geleitet wird. Der Apparat kann nebst Stiften von dem Universitätsmechaniker Oehmke in Berlin oder von der Firma Schmidt u. Haensch bezogen werden.

Beim Gebrauch wird der weissglühende Kopf des Natronstiftes abgeblendet und die Flamme darüber leuchtet nun mit blendendem Glanze. Das Emissionsspektrum des Natriumdampfes erscheint vollständig; neben den *D*-Linien erblickt man am deutlichsten das grüne und ein schwächeres rotes Linienpaar. Um absolut monochromatisches Licht zu haben, muss man daher dieses Licht durch absorbierende Körper reinigen. Verdet empfiehlt dafür das Doppelsalz $K_2Cr_2O_7 + NiSo_4$; Lippich $K_2Cr_2O_7 + CuCl_2$ oder noch besser $K_2Cr_2O_1 + USO_4$, Uppenborn $FeCl_3 + NiCl_2$, Kirschmann combinierte Gelatinetafeln. Der Verbrauch beträgt bei intensivem Licht pro Minute 1 bis 2 cm der Natronstifte. Wo keine sehr grosse Helligkeit nötig ist, kann man statt dieser Stifte auch gewöhnliche dünne Stäbchen aus Natronglas benutzen, die bedeutend langsamer verdampfen.

Meidinger-Elemente für den Unterricht. Von MEISSNER. An einem Kupferstreifen von der in Fig. 1 gezeichneten Form biegt man die langen Enden in den punktierten Linien so, dass die beiden Stücke *a* auf der kreisförmigen Platte aufliegen, die Stücke *b* aber, sich gegenseitig berührend, senkrecht auf der Platte stehen. Die beiden Enden steckt man dann wasserdicht durch die passende Durchbohrung eines Pfropfens, dessen Durchmesser um 1 mm grösser ist als der der Platte, biegt die aus dem Pfropfen vorragenden Enden seitwärts und bewirkt durch eine passende in den Kork gefeilte Rinne, dass die Metallstreifen nicht über die Endfläche des Korkes vorragen (Fig. 2). Mit dem so vorgerichteten Pfropfen versieht man das eine Ende einer beiderseits offenen Glasröhre von ungefähr 15 cm Länge (Lampencylinder) und kittet den Pfropfen auf einen kleinen Holzblock, auf dem das Ganze sicher steht. Ein Zinkblech *Z* von gleicher Form wie das Kupferblech befestigt man ähnlich in einem anderen Pfropfen so, dass die nicht seitwärts gebogenen Streifen *b* sich darin mit sanfter Reibung verschieben lassen, und setzt diesen Propfen auf die obere Öffnung der Glasröhre. Füllt man die Röhren mit Bittersalzlösung und wirft einige Kupfervitriolkrystalle hinein, so hat man ein Meidinger-Element von 10 Ohm innerem Widerstand, wenn der Durchmesser der Platten und ihr gegenseitiger Abstand 4 cm beträgt. Durch Verschieben der Zinkplatte lässt sich der Widerstand verändern. Um auch den Querschnitt ändern zu können, versieht man je zwei mit Paraffin getränkte Propfen von 4 cm Durchmesser und 1 cm Höhe, die sich mit sanfter Reibung in die Glasröhre schieben lassen, mit einer axialen Durchbohrung von 1 cm, bez. 2 und 3 cm Durchmesser. (*Progr. Realprogymn. Pillau, 1892.*)

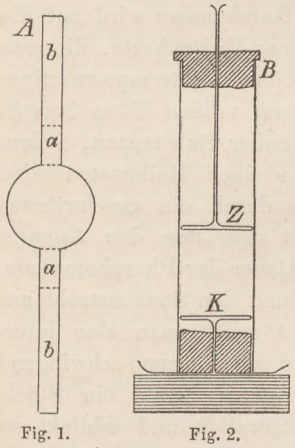


Fig. 1. Fig. 2.

Aufbewahrung von Natrium. Von W. VAUBEL. Bekanntlich bedeckt sich unter Erdöl aufbewahrtes Natrium mit einer braunen Kruste, welche zu Verlusten von Natrium führt, da sie bei der Verwendung des Metalls erst beseitigt werden muss. Diese Krustenbildung, sowie ein etwaiges Verdunsten des Erdöls (das zu Explosionen Anlass geben kann), lässt sich vermeiden durch Verwendung von Paraffinum liquidum, das unter dem Namen Vaselinöl in den Handel kommt. In dieser Flüssigkeit hielt sich das Natrium jahrelang fast unverändert. Wenn es auch nicht den Glanz einer frischen Schnittfläche zeigte, so war die Oberfläche doch nur schwach angelaufen. Von einem Eindringen des Öls in das Natrium zeigte sich keine Spur. Ein Abwischen des Natriums mit Filtrirpapier genügte in allen Fällen, um das Vaselinöl völlig zu entfernen.

(*Ztschr. f. angew. Chemie, 1892, H. 7.*).

Darstellung von Natriumsulfid. Von M. ROSENFELD. Die Darstellung von Natriumsulfid durch Verreiben von Schwefel mit Natrium ist eine schwierige Operation, weil die beiden Elemente sich unter Explosion mit einander verbinden und infolge dessen brennende Stücke von Natrium und Schwefel weggeschleudert werden. Auf elegante Weise lässt sich die bei gewöhnlicher Temperatur erfolgende Vereinigung der beiden Elemente auf die Weise demonstrieren, dass man 1 g Natrium mit 3 g Kochsalz möglichst fein verreibt und das entstehende graue Pulver mit 0,7 g Schwefelblumen unter Vermeidung jeglichen Druckes gut vermengt. In dem Momente, in welchem die beiden Substanzen innig mit einander vermischt sind, erfolgt plötzlich unter Feuererscheinung die Vereinigung der beiden Elemente und es entsteht neben gelbem Polysulfuret das fleischrote Natriummonosulfuret. Vermengt man durch Verreiben mit Kochsalz erhaltenes Natriumpulver mit soviel Schwefel, als dem Di- oder Trisulfuret entspricht, so erfolgt die Vereinigung rascher und heftiger.

Diese Art der Darstellung des Natriumsulfids ist besonders dazu geeignet, beim Unterricht den Unterschied zwischen einem mechanischen Gemenge und einer chemischen Verbindung zur Anschauung zu bringen. Selen und Tellur verhalten sich beim Verreiben mit Natriumpulver wie Schwefel. (*Ber. Chem. Ges. 1891, 1658.*)

---

2. Forschungen und Ergebnisse.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in membranösen Körpern. Von F. MELDE (*Wied. Ann. 45, 568, 1892*). Die Schallgeschwindigkeit im Papier und in Geweben, in Pflanzenfasern und tierischen Häuten wurde durch Messung der Tonhöhe der Longitudinalschwingungen bestimmt, welche Streifen aus diesen Stoffen liefern, wenn sie zwischen den in Kolophonium getauchten Fingern gerieben werden. Die Streifen wurden längs einer vertikal gestellten Latte zwischen zwei auf ihr befestigten Schiebern ausgespannt, von denen der obere fest, der untere verstellbar war. Jeder Schieber trug an seiner Vorderkante einen rechtwinkligen Ausschnitt zum Einlegen von Glasröhren, die durch einen mittelst Wirbel gespannten Faden gehalten werden konnten, eine mittlere Durchbohrung zum Befestigen von Röhren und Stäben und in der Nähe jeder Seitenkante eine aus zwei Messingblechstücken verfertigte flache Schraubklemme. Es wurde zunächst das eine Ende des zu untersuchenden Streifens in die Klemme des oberen Schiebers eingeschraubt, der Streifen durch die Klemme des beweglichen Schiebers gezogen und an seinem unteren Ende mit einer frei schwebenden Messingklemme versehen, an welcher ein spannendes Gewicht durch einen Faden befestigt war. Durch Zusammenschrauben der Klemme des beweglichen Schiebers wurde eine messbare Länge des Streifens abgegrenzt. Zur Bestimmung der Tonhöhe diente ein Appunsches Sonometer, ein Satz von Zungenpfeifen, welche das Intervall einer Oktave in Zwischenräume von je vier Schwingungen teilten. Da die Oktavenentfernung des Streifentons von dem Ton der ausgewählten Zungenpfeife sich wegen der Verschiedenheit der Klangfarbe nur schwer erkennen liess, so wurde der Longitudinalton einer durch ein Gewicht vertikal gespannten dünnen Kupfersaite durch Abklemmen eines passenden Stückes derselben mit dem Tone des Streifens in Einklang gebracht und der Ton der Kupfersaite aus der bekannten Schallgeschwindigkeit im Kupfer berechnet. Ein anderes Hilfsmittel boten die Kundtschen Staubfiguren. Das eine Ende des Streifens wurde in eine an einem langen Messingstab befestigte flache Klemme geschraubt und der Stab durch den Gummistopfen gesteckt, welcher das eine Ende der innen mit Korkstaub bedeckten Glasröhre verschloss. Eine in das Glasrohr passende dünne Korkscheibe wurde diametral durchschnitten, der Streifenbreite entsprechend ausgefeilt, durch einen um ihren Rand geleimten Papierstreifen wieder zusammengesetzt und über den Streifen geschoben. Die Röhre wurde sodann in die Durchbohrung des festen Schiebers der horizontal gelegten akustischen Latte eingeklemmt, der Messingstab im Gummistopfen soweit verschoben, dass die Streifenmitte mit der Mündung der Röhre zusammenfiel und das freie Ende des Streifens in die Klemme

des beweglichen Schiebers eingespannt. Zunächst wurde der Unterschied in der Tonhöhe bestimmt, der sich ergab, wenn sich die Korkscheibe in der Nähe der Klemme befand und dann nach der Mitte des Streifens geschoben wurde; sodann wurde die Korkscheibe mit Wachskitt in der Streifenmitte befestigt und die Staubwellen in der Röhre erzeugt und gemessen. Die nach diesen Methoden gefundenen Schallgeschwindigkeiten lagen für verschiedene Papiersorten zwischen 1600 und 2700 m/sek, für Gewebe zwischen 700 und 2000 m/sek. Farbstoffe, die auf das Papier oder die Gewebe aufgetragen waren, sowie die Querfäden der Gewebe, wirkten als Belastung und setzten die Schallgeschwindigkeit herab, während durch Imprägnierung, wie bei der Pausleinwand, ein neuer Stoff mit grösserer Steifigkeit und demgemäss höherer Schallgeschwindigkeit gebildet werden kann. Für Hobelspähne und Metalldrähte ergaben sich die bekannten Werte, nur für Kautschuk konnte die Schallgeschwindigkeit nicht bestimmt werden. *H. R.*

Über Dispersion ultraroter Strahlen. Die Dispersion der ultraroten Strahlen durch ein Quarzprisma wurde von MOUTON (*C. R. 88, 1078; 1879*) nach einer von FIZEAU und FOUCAULT (*C. R. 25; 1847*) angegebenen Methode bis zur Wellenlänge 2,14 μ verfolgt. Vor dem Spalt eines Spektrometers war zwischen zwei Nicols eine Quarzplatte so aufgestellt, dass ihr Hauptschnitt mit den beiden einander parallelen Polarisationsebenen der Nicols den Winkel 45° bildete. Da beim Durchgang durch die Quarzplatte die Strahlen ausgelöscht werden, für welche die Beziehung $d(n_e - n_o)/\lambda = m + {}^1/_2$ besteht, so zeigte das durch das Quarzprisma entworfene Spektrum Interferenzstreifen. Das Quarzprisma, dessen brechende Kante der optischen Axe parallel lief, war in zwei gleiche Prismen zerteilt, von denen das eine mit dem Collimator, das andere mit dem Fernrohr fest verbunden war, so dass bei jeder Einstellung ein Minimum der Ablenkung stattfand. Je nachdem die Polarisationsebene der beiden Nicols zur brechenden Kante des Prismas parallel oder senkrecht stand, liessen sich aus der Ablenkung eines der Interferenzstreifen die ihm zugehörigen Brechungsindices des ordentlichen und ausserordentlichen Strahles finden. Wurde diese Bestimmung zunächst mit Hilfe des Fernrohroculars für zwei dem sichtbaren Spektrum angehörende Interferenzstreifen ausgeführt, für welche die Wellenlängen bekannt waren, so ergaben sich die Plattendicke d und die den Streifen zugehörigen Ordnungszahlen m. Alsdann wurde das Ocular durch eine im Brennpunkt des Fernrohrobjektivs aufgestellte lineare Thermosäule ersetzt und in derselben Weise die Brechungsindices der aufeinanderfolgenden Interferenzstreifen im ultraroten Teile des Spektrums bestimmt. Da die Ordnungszahlen der Streifen jetzt bekannt waren, so wurde sofort die jedem Streifen zugehörige Wellenlänge erhalten. Die gefundenen Resultate zeigten nur mit der von BRIOT aufgestellten Dispersionsformel gute Übereinstimmung.

Nach einer anderen Methode untersuchte LANGLEY die Dispersion eines Flintglas- und eines Steinsalzprismas (*Wied. Ann. 22. 598; 1894. Ann. de chim. et de phys. (6) 9. 433; 1886*). Er liess die vom Heliostaten kommenden Strahlen auf einen Hohlspiegel fallen, von welchem sie durch einen in seinem Brennpunkt stehenden Spalt hindurch auf ein Rowlandsches Concavgitter geworfen wurden. Das von diesem reflektierte Spektrum traf auf einen zweiten Spalt, welcher nur sichtbare Strahlen von leicht bestimmbarer Wellenlänge, die vom 9. Spektrum herrührten, zugleich mit den dunklen Strahlen des 8. und 7. u. s. w. Spektrums, deren Wellenlängen somit ebenfalls bekannt waren, in den Collimator des Spektroskops eintreten liess. Beim Durchgang durch das Prisma, welches der Drehung des Fernrohrs selbstthätig im halben Betrage nachfolgte, sodass bei einmaliger richtiger Einstellung stets ein Minimum der Ablenkung vorhanden war, wurde das Strahlenbündel in seine Bestandteile zerlegt, deren Ablenkungen mit Hilfe eines im Brennpunkt des Fernrohrobjektivs angebrachten Bolometers bestimmt werden konnten. Die Grösse der Galvanometerausschläge lieferte zugleich die in jedem Teile des Spektrums vorhandene Energie. Die Dispersionskurven $n = f(\lambda)$ für das Glas- und das Steinsalzprisma nahmen bei wachsender Wellenlänge eine gradlinige Form an. Die Grenze des durch das Glasprisma entworfenen Sonnenspektrums lag bei $\lambda = 2{,}8\ \mu$, während für

das Steinsalzprisma mit Hilfe des Bogenlichts 5,3 μ gefunden wurde. Von sämtlichen Dispersionsformeln zeigte die Briotsche die geringsten Abweichungen von der Beobachtung.

RUBENS hat neuerdings die Beobachtungen auf einige andere Substanzen ausgedehnt und sich dabei einer der MOUTONschen ähnlichen Methode bedient (*Wied. Ann. 45. 239, 46. 530; 1892*). Die Interferenzstreifen werden durch eine zwischen zwei planparallelen Platten eingeschlossene Luftlamelle erzeugt, welche den durch eine Linse parallel gemachten Strahlen eines Zirkonbrenners unter dem Winkel 45° entgegengestellt wurde. Durch die an den beiden Grenzflächen der Luftlamelle stattfindenden Reflexionen werden sämmtliche Strahlen, für welche $m \cdot \lambda = 2\,d \cdot \cos 45° = K$ ist, ausgelöscht, so dass das durch eine Linse auf den Spektrometerspalt geworfene Strahlenbündel bei seiner Zerlegung durch das Prisma ein System von Interferenzstreifen liefert, deren zugehörige Wellenlängen sämmtlich bekannt sind, sobald man mit Hilfe zweier im sichtbaren Teile des Spektrums liegender Streifen, für welche λ gegeben ist, die Constanten K und m bestimmt hat. Das mit einem Bolometer versehene Spektrometerfernrohr wurde allmählig durch das ganze Spektrum hindurch verschoben, wobei das Prisma in der zur Minimum-Einstellung erforderlichen Weise dem Fernrohr automatisch folgte, und der jeder Ablenkung α entsprechende Galvanometerausschlag J gemessen. Für die Untersuchung stark diathermaner Stoffe konnten sämmtliche Glaslinsen durch solche von Steinsalz oder Flussspat ersetzt werden. Die graphische Darstellung der Resultate lieferte eine Kurve $J = f(\alpha)$ deren Maxima und Minima den Interferenzen entsprachen. An diese Kurve wurden die äussere und die innere Enveloppe gezeichnet und zwischen denselben die Intensitätskurve für den Fall fehlender Interferenz construiert, welche dem arithmetischen Mittel der Ordinaten beider Enveloppen entspricht. Die Orte der Maxima und Minima der beobachteten Kurve sind die Punkte, deren Tangenten den in den entsprechenden Punkten der eigentliche Intensitätskurve gezeichneten Tangenten parallel laufen. Für diese Punkte gelten die Gleichungen $\lambda = K/m$ und $\lambda = 4\,K/2\,m + 1$, während für die Schnittpunkte der beobachteten mit der Intensitätskurve die Beziehung $\lambda = 4\,K/4\,m + 1$ besteht. Auf diese Weise ergab sich eine genügende Anzahl Punkte zur Bestimmung der Dispersionskurve $n = f(\lambda)$. Bei leichteren Flintgläsern und dem Steinsalz zeigte, wie auch LANGLEY gefunden hatte, die Dispersionskurve für längere Wellen nahezu constante Neigung gegen die Axe der λ, beim Quarz, Flussspat und den Crowngläsern hingegen traten Inflexionspunkte auf. Wasser zeigte eine sehr geringe Abnahme der Dispersion mit wachsender Wellenlänge. Beim Schwefelkohlenstoff, Benzol und Xylol näherte sich der Brechungsindex mit wachsender Wellenlänge einer constanten Grenze. Nur im letztern Falle lieferte die Cauchysche Formel Werte, welche mit den Beobachtungen übereinstimmen.

Um zu entscheiden, ob das abweichende Verhalten der übrigen Stoffe durch die Absorption erklärt werden könne, wurden vor den Spektrometerspalt nach einander zwei verschieden dicke Schichten des absorbierenden Mittels gestellt und aus den mit dem Bolometer gemessenen Intensitäten und der Dickendifferenz der Schichten nach der Gleichung $J_2 = J_1\,e^{-kd}$ der Absorptionscoëfficient k bestimmt. Bei Flüssigkeiten wurde die Schichtdicke durch Eintauchen einer Flussspatplatte, deren Absorption sehr gering ist, in den mit Flüssigkeit gefüllten Glastrog verändert. Schwefelkohlenstoff zeigte sich für die ultraroten Strahlen fast vollkommen durchlässig, während Xylol und Benzol stärker als die Gläser absorbieren, so dass die Absorption unmöglich als die Ursache der Abweichung von der Cauchyschen Formel angesehen werden kann. *H. R.*

---

3. Geschichte.

Zur Geschichte der Akustik. (Joseph Sauveur.) Von E. MACH. In den Memoiren der Pariser Akademie aus den Jahren 1700 und 1701 finden sich u. a. die grundlegenden Untersuchungen Sauveurs, von dem die Histoire de l'Académie von 1700 zu rühmen weiss, dass es ihm gelungen sei, aus der Musik ein naturwissenschaftliches Forschungsobjekt zu machen, und dass er die neue Wissenschaft „Akustik“ genannt

habe. Sauveurs Vorstellungen entwickeln sich dadurch, dass er überall genauer quantitativ zu untersuchen strebt, als dies vorher geschehen war. Es gelang ihm zunächst, unter Benutzung der Schwebungen, die den damaligen Orgelbauern bereits bekannt waren, und die er richtig durch das Zusammentreffen wechselnder Schwingungsphasen erklärt, einen leicht herstellbaren Ton von 100 Schwingungen als Grundlage der musikalischen Stimmung mit grosser Genauigkeit zu bestimmen. Stimmt man nämlich zwei Orgelpfeifen zu einer dritten im Verhältnis der kleinen und grossen Terz, so stehen erstere zu einander im Schwingungsverhältnis 24 : 25, d. h. auf je 24 Schwingungen der tieferen fallen 25 der höheren und also ein Tonstoss. Geben die beiden Pfeifen vier Schwebungen in der Sekunde, so hat die höhere den fixen Ton von 100 Schwingungen. Die betreffende Pfeife hat dann die Länge von 5 Fuss. Der achtmal längeren Pfeife von 40′ mit der Schwingungszahl $12^1/_2$ schrieb Sauveur den tiefsten hörbaren Ton zu, und hielt andererseits den Ton einer 64mal kürzeren von 6400 Schwingungen für die obere Hörgrenze. Noch heut ist mit einer geringen Modifikation das Sauveursche Prinzip das feinste und einfachste Mittel zur genauen Bestimmung der Schwingungszahlen.

Durch einen zufällig nicht vollkommen anliegenden Steg entdeckte Sauveur die harmonischen Obertöne einer Saite zunächst durch das Ohr und erschloss hieraus, dass die Saite in aliquoten Teilen schwinge. Die Saite gab z. B. die Duodezime ihres Grundtons, wenn der Steg in einem Dritteilungspunkte stand. Knoten und Bäuche wurden durch verschieden gefärbte Papierreiter sichtbar gemacht, an Stelle des Steges trat bald die Dämpfung durch Feder oder Pinsel. Bei diesen Versuchen beobachtete er auch das Mitschwingen einer Saite bei Erregung einer anderen gleichgestimmten und fand überdies, dass bei Erregung einer Saite an einer anderen ungleich gestimmten der gemeinsame Oberton anspricht. Auch das gleichzeitige Erklingen der Obertöne und des Grundtons war ihm bekannt.

Sauveur versuchte auch, den Unterschied zwischen Consonanz und Dissonanz auf die Schwebungen zurückzuführen, hielt aber Schwebungen in höherer Zahl als sechs pro Sekunde für nicht beobachtbar und für nicht störend. Hierin glaubte er den Grund zu erkennen, warum ein Akkord in einer Octave eine Dissonanz und in einer höheren eine Consonanz darstellen könne. Man sieht, dass nach dieser Auffassung alle weiten Intervalle Consonanzen, alle engen Dissonanzen sein müssten. Schon R. Smith (Harmonics, Cambridge 1749) wies auf das Unzureichende dieser Theorie hin, die die Rauhigkeit des Zusammenklanges selbst consonanter Töne unerklärt lasse. Erst Helmholtz hat den Grund hierfür in den Schwebungen der Obertöne erkannt. Auch mit der Behauptung, dass die Zahl der Schwebungen weniger als sechs in der Sekunde betragen müsse, um störend zu wirken, hat Sauveur nicht das Richtige getroffen. Schon Smith wusste, dass sehr langsame Schwebungen nicht stören, und Helmholtz hat für das Maximum der Störung die Zahl 30 gefunden. Auch hat Sauveur keine Rücksicht darauf genommen, dass die Zahl der Schwebungen zwar mit der Verstimmung zunimmt, ihre Stärke aber abnimmt.

Einen Mangel der Sauveurschen Theorie, bei all ihrem Verdienst, findet MACH auch darin, dass die einfachen Schwingungsverhältnisse, die wohl mathematische Merkmale der Consonanz und zugleich ihre physikalischen Bedingungen sind, auch als ausreichend zu einer physiologischen oder gar psychologischen Erklärung der Consonanz angesehen werden, was schon deshalb nicht zulässig sei, weil in dem akustischen Nervenerzeugungsprozess nichts mehr von der Periodizität des Schallreizes zu finden ist. Ein ähnliches Bedenken mahnt auch gegenüber der neueren Theorie zur Vorsicht. Das Merkmal der harmonischen Obertöne hat nur Geltung für den untersuchenden, abstrahierenden Verstand. Das positive physiologisch-psychologische Merkmal, welches eine Harmonie von der andern unterscheide, ist durch die Schwebungen nicht gegeben. „Der Musiker wird niemals einen besser consonierenden Akkord auf einem schlecht gestimmten Clavier mit einem weniger consonanten auf einem besser gestimmten verwechseln. Die harmonischen Schön-

heiten einer Beethovenschen Sonate sind selbst auf einem schlecht gestimmten Clavier schwer anzubringen; sie leiden hierbei kaum mehr, als eine Raphaelsche Zeichnung in groben und rauhen Strichen ausgeführt." (*Mittheil. d. deutsch. math. Ges. zu Prag, 1892.*) *P.*

Eine Beziehung zwischen moderner und mittelalterlicher Chemie. Bekanntlich hat Herr M. Carey Lea während der letzten Jahre durch Einwirkung von citronensaurem Eisenoxydul auf Silberverbindungen mehrere allotropische Formen des Silbers dargestellt. Dieselben sind sämtlich etwas leichter als das Metall im gewöhnlichen Zustande und in dieses durch Behandlung mit Säuren wieder überführbar. Eine dieser Formen löst sich in Wasser mit tiefroter Farbe. Eine andere, welche unlöslich ist, erscheint feucht bronzefarben, getrocknet aber an Farbe und Glanz dem Gold äusserst ähnlich. Setzt man diese, so lange sie noch feucht ist, einige Tage dem Sonnenlichte aus, so geht sie in gewöhnliches Silber über; findet die Belichtung hingegen nach dem Trocknen statt, so entsteht eine Zwischenform von hellerem Goldgelb und grosser Widerstandsfähigkeit gegen mechanische, elektrische u. s. w. Kräfte. Herr M. BERTHELOT, welcher im vorigen Jahre die von Herrn M. Carey Lea übersandten Proben der Acad. des Sciences vorgelegt hat (wie ebensolche auch auf der letzten Versammlung der deutschen Naturforscher gezeigt wurden), knüpfte hieran die Bemerkung (*C. R., CXIII p. 493, 1891*), dieses Ergebnis der modernen Chemie erinnere an die alchemistische Lehre von der Metallverwandlung. Thatsächlich ist es auch durchaus möglich, da nach Angabe des Entdeckers allotropisches Silber durch sehr verschiedene organische Stoffe gefällt werden kann, dass alchemistische Arbeiten zufällig zur Darstellung des goldfarbigen Silbers, d. h. zu einer scheinbaren Transmutation geführt haben. Im übrigen hält Herr BERTHELOT es für zweifelhaft, ob hier eine wirkliche Allotropie vorliege. Vielmehr handele es sich wohl um sehr complexe und condensierte Verbindungen, die in besonderem Grade an den Eigenschaften ihres Hauptelementes teilnehmen, ähnlich wie es beim Stahl und den übrigen Formen des Eisens der Fall ist. Dem würde entsprechen, dass nach den Analysen die allotropischen Formen des Silbers 2 bis 3 % Verunreinigungen enthalten. *J. Schiff.*

---

4. Unterricht und Methode.

Einleitung in den Galvanismus nach induktiver Methode. Von Oberlehrer MEISSNER. Realprogymnasium in Pillau, *Progr. Nr. 24.* Königsberg 1892.

Unter den in letzter Zeit über obiges Kapitel des physikalischen Unterrichts veröffentlichten methodischen Arbeiten nimmt die vorliegende eine hervorragende Stellung ein. Wenn auch nicht alle Ansichten des Verfassers auf Zustimmung rechnen dürfen, und vor allem die Einführung des Gegenstandes und seine Eingliederung in das Ganze des physikalischen Unterrichts vielseitigen Widerspruch hervorrufen werden, so bietet die eigentliche Behandlung des Galvanismus doch so viel Gutes in methodischer wie experimenteller Hinsicht, dass die Arbeit den Fachgenossen nicht warm genug zum Studium empfohlen werden kann. Vornehmlich solche, deren Anstalten über geringe Geldmittel für Unterrichtszwecke verfügen, werden manche Belehrung und Förderung darin finden.

Wenn der Verfasser befürchtet, dass seinem Lehrgang „das viele Beobachten, Messen und Rechnen" zum Vorwurf gemacht werden würde, so ist diese Besorgnis sicher bei allen Einsichtigen unbegründet; es ist nicht das kleinste Verdienst dieser Zeitschrift gerade in diesem Punkte Wandel zum Besseren herbeigeführt zu haben. Dagegen ist die Voranstellung des Galvanismus vor die Reibungselektrizität in dieser Allgemeinheit ein Missgriff, der nur unter dem Druck äusserer Verhältnisse entschuldbar wird, und der denn auch zu allerhand Absonderlichkeiten führt (vergl. z. B. die Definition vom galvanischen Strom S. 9). Wohl ist es richtig, dass die Volta'schen Fundamentalversuche nicht mehr in die Schule gehören und dass der Nachweis des Potentialunterschiedes beim Voltaschen Element bis jetzt noch auf ungelöste experimentelle Schwierigkeiten stösst, da das Thomsonsche Quadrantelektrometer für die Schule nicht in Betracht kommen kann und das

Aluminium- oder Goldblattelektrometer mit Condensator doch nur ein Notbehelf ist. Trotzdem kann der vom Verfasser gewählte Ausweg nicht gebilligt werden. Auch der Einwand, dass die ins Auge fallenden Phänomene der Reibungselektrizität und des galvanischen Stromes dem unbefangenen Beobachter als grundverschieden erscheinen, ist nicht stichhaltig. Man kann sehr wohl im Anschluss an die Wirkungen der Entladungen einer Leydner Batterie oder des Entladungsstromes der Influenzmaschine die ähnlichen Wirkungen des galvanischen Stromes, die ja zum Teil schon aus der Praxis bekannt sind, an den einfachsten Fällen nachweisen; es sind das die Erwärmung, die Lichtwirkung, die magnetische, chemische und allenfalls die Induktionswirkung. Man gelangt so zu einer sehr klaren Problemstellung, die zunächst dazu führt, die Potentialverhältnisse im Schliessungskreis für die statische Elektrizität in der hergebrachten Weise zu untersuchen. (Vergl. auch *diese Zeitschrift V. 63* u. f. sowie *V. 184* u. f.) Dann wird man, so gut es mit Elektroskop und Condensator geht, den Potentialunterschied der Pole des offenen Elementes bezw. der Batterie studieren; der weitere Gang der Untersuchung wird durch des Verfassers Abhandlung in durchaus zweckwässiger Weise dargestellt.

Der Verfasser beschreibt zunächst eine Anzahl höchst einfacher aber zweckmässiger Vorrichtungen, die alle mit geringer Mühe und unbedeutenden Kosten vom Lehrer selbst hergestellt werden können. Besondere Erwähnung verdienen Nr. V (Meidingersche Elemente, s. *d. Heft, S. 36*), Nr. IX (Galvanoskop), Nr. X (Verzweigungsklotz), Nr. XII (Verzweigungsbrett). Besonders das Galvanoskop ist ein ebenso einfaches wie zweckmässiges Instrument für kleine Klassen, dessen Angaben unter Benutzung eines geneigten Spiegels auch allen Schülern sichtbar gemacht werden können. Die von dem Verfasser gegen Benutzung der Tangentenbussole geäusserten Bedenken sind aber unberechtigt (vergl. die Bemerkung des Herausgebers dieser Zeitschr. *V. 178*). Die weitverbreitete Abneigung gegen die Verwendung dieses Instrumentes im elementaren Unterricht ist überhaupt nicht recht verständlich; durch die Trommelablesung (*d. Zeitschr. III. 103*) werden die Angaben weithin sichtbar; durch die Bewickelung des Kupferreifs mit besponnenem Draht — 5 Windungen von 4 mm und 100 Windungen von 0,7 mm Durchmesser — wird der Messbereich hinreichend erweitert; durch Anbringung einer Tangententeilung und Graduierung des Instrumentes umgeht man leicht die Kenntnis seiner Theorie. Auch die Benutzung des hier beschriebenen Galvanoskopes würde sehr viel bequemer sein und die Rechnungen würden sich viel einfacher gestalten, wenn das Instrument Tangententeilung hätte und im Unterricht graduiert würde; das Verfahren des Graduierens ist so einfach und übersichtlich, dass es nicht unterbleiben sollte: das Galvanoskop wird mit einem Daniellschen Element und einem geeigneten Vorschaltewiderstand zum Stromkreis geschlossen, sodass ein kleiner Ausschlag entsteht; der Strom wird unterbrochen und durch Annäherung zweier Magnete von *W* und *O* in der I. Hauptlage ein ebensogrosser Ausschlag erzeugt; hierauf wird der Strom von Neuem geschlossen, der beobachtete grössere Ausschlag entspricht dem doppelten Strom u. s. f. Ein anderer Nachteil des Galvanoskopes ist der, dass man der Stromverzweigung bedarf, um es allen Bedürfnissen anzupassen; dadurch werden die Angaben für den elementaren Unterricht zu unübersichtlich und der sonst einfache Gang der Beobachtungen unnötig verwickelt.

Von diesen allgemeinen Ausstellungen abgesehen ist gegen den im Folgenden kurz geschilderten Gang des Unterrichts nichts erhebliches einzuwenden. Der Hauptvorzug der Darstellung ist, dass sie zeigt, wie mit sehr kleinen Mitteln eine brauchbare experimentelle Grundlage für die Einführung in Ohms Gesetz gewonnen werden kann. In § 3 zeigt der Verfasser an der Wirkung auf die Magnetnadel, dass der Strom überall im Stromkreis gleiche Stärke hat; es fehlt hier der Nachweis des Stromes im Element (vergl. *diese Zeitschrift V. 182*); hierauf folgen die Ableitung der Ampèreschen Regel und Bemerkungen über die Einrichtung des Galvanoskopes. In § 4 wird eine Art Spannungsreihe auf Grund gemessener Stromstärken unter Beschränkung auf die in der Praxis wichtigen Metalle abgeleitet. Die Inconstanz der so hergestellten Elemente veranlasst zur

Einführung der constanten Elemente, die in § 5 in sehr geschickter Weise am Meidingerschen Element erfolgt. In § 6 wird der Begriff des Widerstands gewonnen und seine Abhängigkeit von Länge und Querschnitt des Drahtes nachgewiesen. Hier zeigt sich besonders auffällig die Unzulänglichkeit des nichtgraduierten Galvanoskopes, die den Verfasser zu der Ungeheuerlichkeit veranlasst, trotz der nicht proportionalen Angaben des Instrumentes zu sagen: „wir setzen willkürlich fest: der Widerstand eines Drahtes ist seiner Länge direkt proportional.“ Der Einfluss des Materials auf den Widerstand wird in § 7 untersucht und der Widerstand verschiedener Drahtsorten mit dem des Nickelindrahtes verglichen. § 8 giebt die Definitionen von S. E. und Ohm. In § 9 wird der Widerstand von Flüssigkeiten untersucht und verglichen und schliesslich in § 10 der Einfluss der Temperatur festgestellt. Daran schliesst sich in § 11 die Betrachtung des inneren Widerstandes, die in Verbindung mit den vorausgehenden Resultaten zu dem Satz führt: „Die Stromstärke ist dem Gesamtwiderstand umgekehrt proportional“. Nun aber zeigt sich in § 12 beim Uebergang zum Einfluss der E. M. K. auf die Stromstärke wiederum die schwache Seite des Verfahrens; der Verfasser sieht sich genötigt, die E. M. K. als den Zähler desjenigen Buches zu definieren, der als Maass für die Stromstärke zu dienen hat; das kann unmöglich zu einem klaren Verständnis führen. Im Uebrigen ist der Inhalt auch dieses § durchaus sachgemäss. In § 13 werden die Combinationen verschiedener Elemente behandelt während die §§ 14 und 15 die Stromverzweigung und die Brückencombination betrachten. Der Schlussparagraph stellt dann den Zusammenhang zwischen galvanischer und statischer Elektrizität her.

Wenn im vorhergehenden einige Mängel der Abhandlung aufgedeckt worden sind, so kann dadurch das eingangs gefällte günstige Urteil doch nicht getrübt werden; die Arbeit ist unzweifelhaft ein wertvoller Beitrag zur Frage der schulgemässen Behandlung des galvanischen Stromes und bietet auch in experimenteller Hinsicht manchen nützlichen Wink.

K. Noack, Giessen.

Das elektrische Potential im Unterricht. Im *Pädagog. Archiv, 1892, Nr. 5*, hat W. KRUMME einen grösseren Aufsatz über die Berücksichtigung und Behandlung des Potentials beim Unterricht in der Lehre von der Reibungselektrizität veröffentlicht. Er stimmt dem in dieser Zeitschrift schon wiederholt erhobenen Forderung zu, den Begriff des Potentials in den Unterricht einzuführen. Denn „der Begriff des elektrischen Stromes und das Verständnis seiner Wirkungen im Sinne des Satzes von der Erhaltung des Arbeitsvermögens ist ohne Berücksichtigung des Potentials unmöglich. Der Begriff elektromotorische Kraft wird auch nur klar durch die Benutzung des Potentials.“ Der ersten Stufe weist er die Einführung in das Verständnis des elektrischen Zustandes durch Versuche zu. Hier werden im wesentlichen die Versuche angegeben, die bereits in dieser Zeitschrift (*III 161*) für diesen Zweck vorgeschlagen worden sind. Zum Nachweis der verschiedenen Dichte an verschiedenen Stellen einer Würfeloberfläche wird dem Verfahren mit der Probekugel (d. Zeitschr. *III 311*) der Vorzug gegeben. Auf der zweiten Stufe wird das Potential der in einem Punkte befindlichen Elektrizität berechnet, das Potential einer positiv elektrisierten leitenden Kugel abgeleitet und gezeigt, dass das Potential als „das Maass (der Grad) des elektrischen Zustandes“ [besser als Maass des elektrischen Zustandsgrades] anzusehen ist. Bei dem Vergleich von Potential und Temperatur wird bemerkt, dass das Potential eine mathematische Grösse sei, während die Temperatur eines Körpers seinen gesamten physikalischen Zustand, wie Dichtigkeit, spezifische Wärme, Leitungsvermögen u. s. w. beeinflusse. Dieser Gegensatz fällt indessen fort, wenn man bedenkt, dass durch den elektrischen Zustand eines Leiters zwar nicht dieser selbst, wohl aber das umgebende Dielektrikum als der eigentliche Träger dieses Zustandes physikalisch beeinflusst wird. Es folgen dann noch Anwendungen auf die Kapazität und die Entladung einer Leydner Flasche, endlich auch das Arbeitsvermögen eines elektrischen Körpers. Beachtenswert ist die Forderung: „Statt zu sagen, die Elektrizität eines Körpers wird in Wärme, Schall, Licht, mechanische Arbeit u. s. w. ver-

wandelt, sollte man eigentlich sagen: Mit dem elektrischen Arbeitsvermögen gehen diese Verwandlungen vor sich". An mehreren Stellen des Aufsatzes sind Rechnungsaufgaben, hauptsächlich im Anschluss an das Serpierische Schriftchen (das elektrische Potential, auch in deutscher Ausgabe in Wien bei Hartleben erschienen), eingeschaltet. Zu wünschen bleibt noch, dass auch die zweite Stufe von einer grösseren Zahl womöglich messender Versuche begleitet würde; namentlich für die Messung des Arbeitsvermögens (man vgl. auch Jaumann, *d. Ztschr. V 312*) fehlt es noch an brauchbaren Schulversuchen. *P.*

5. Technik und mechanische Praxis.

Die Arbeitsübertragung Lauffen-Frankfurt a. M. Die Resultate der Messungen über den Wirkungsgrad der bereits in dieser Zeitschrift (V, 52) besprochenen Arbeitsübertragung sind nunmehr veröffentlicht. Die 17 ausgeführten Messungsreihen sind in einer Tabelle zusammengestellt, die die einzelnen Stufen der Uebertragung von der Leistung der Turbine in Lauffen bis zu der an die Lampen in Frankfurt a. M. abgegebenen Energie enthält. Hiernach lagen die von der Turbine gelieferten Effekte zwischen 78,2 und 194,7 Pferdekräften. Der von der Dynamo abgegebene Effekt wies im Vergleich mit dem ursprünglichen noch einen Wirkungsgrad von durchschnittlich 0,903 auf. Der Wirkungsgrad des primären Transformators betrug im Mittel 0,950, der des sekundären 0,944. Der Verlust in der Leitung schwankte je nach der aufgewandten Energie, der Witterung und anderen äusseren Umständen zwischen 3,1 nnd 25,5 Pferdekräften. Der Wirkungsgrad der Übertragung zwischen den Dynamoklemmen und der Verbrauchsstelle lag in den verschiedenen Versuchsreihen zwischen 77,8 und 83,0 %. Hiernach berechnete sich der Wirkungsgrad, der an den Lampen in Frankfurt a. M. erzielt wurde, ausgedrückt in Prozenten der von der Turbinenwelle in Lauffen abgegebenen Energie, auf 68,5 bis 75,3 %, der Mittelwert war 73,2 %. (Berechnet man die Einzelverluste bei der maximalen Leistung von 75 % der anfänglichen Energie in Prozenten, so entfallen nach F. UPPENBORN ca 8 % auf die Dynamomaschine, 10 % auf die Leitung, und 3—4 % auf jeden der Transformatoren. Dieses Resultat ist um so erstaunlicher, als seiner Zeit die Durchführbarkeit des Projekts stark bezweifelt und der maximale Wirkungsgrad der Anlage bei trockenem Wetter auf 12 % geschätzt wurde.)

Elektrotechn. Zeitschr. XIII, 345, 388; 1892).

Drahtglas. Eine wichtige Erfindung, die das Eigentum der Firma FRIEDRICH SIEMENS in Dresden ist, besteht darin, dass Glas in flüssigem oder biegsamem Zustande mit einer Metall- oder Drahteinlage so versehen wird, dass diese ganz vom Glase bedeckt und somit vor dem Verrosten geschützt wird. Das Drahtglas kann den schroffsten Temperaturwechsel und selbst offenes Feuer aushalten, ohne zu zerspringen. Es verträgt sogar in hocherhitztem Zustande das Begiessen mit kaltem Wasser und verliert trotz der dann entstandenen Risse und Sprünge seine grosse Haltbarkeit nicht, weil das Glas seine innige Verbindung mit der Drahteinlage behält. Man wird voraussichtlich auch Standgefässe mit Drahteinlage für chemische Zwecke anfertigen können. Zunächst dient das Drahtglas für Bauzwecke als Dach- und Fussbodenglas, weil es gegenüber dem gewöhnlichen Tafel- und Rohglase eine ungleich höhere Widerstandsfähigkeit besitzt und selbst in geringeren Stärken auch bei fortgesetzter übermässiger Beanspruchung nur durch Zerreissen des Drahtgeflechts zerstörbar ist. Man kann daher das Drahtglas für Oberlichtfenster ohne Drahtschutzgitter verwenden. Auch als diebessicher bis zu einem ziemlich hohen Grade kann das Drahtglas gelten, da es sich weder mit dem Diamanten zerschneiden, noch sonst mit gewöhnlichen Mitteln und auch nicht ohne grosses Geräusch zerstören lässt. Es wird nur in Stärken von 8—10, 15, 20 und 25 mm angefertigt und eignet sich hauptsächlich für Verglasungen, bei denen grössere Platten von entsprechend grösserer Stärke erforderlich sind. *(Centr.-Z. f. Mech. u. Optik, 1892, No. 10.)*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Elektricität und Optik. Vorlesungen, gehalten von H. Poincaré, Professor und Mitglied der Akademie. Redigirt von B. Brunhes, Privatdocent an der Universität zu Paris. Autorisirte deutsche Ausgabe von Dr. W. Jäger und Dr. E. Gumlich, Assistenten an der Phys.-Techn. Reichsanstalt. II. Band. Die Theorieen von Ampère und Weber. Die Theorie von Helmholtz. Die Versuche von Hertz. Mit 15 in den Text gedruckten Figuren. Berlin. J. Springer. 1892. VII u. 222 S. 7 M.

Der zweite Band enthält die Vorlesungen, die Poincaré vom März bis zum Juni 1890 an der Sorbonne gehalten hat. Er behandelt zunächst die Theorieen von Ampère und Weber. Da Webers Gesetz dem Prinzip von der Erhaltung der Energie genügt, so müssten nach Maxwell die Induktionsgesetze sich daraus ableiten lassen. Poincaré weist aber nach, dass in Maxwells Rechnungen sich zwei Fehler eingeschlichen haben, die einander aufheben, und dass man die Induktionsgesetze aus Webers Hypothese nur dann ableiten kann, wenn man geschlossene, nicht aber wenn man offene Stromkreise voraussetzt.

Besonders eingehend, wenn auch mit ziemlich weitgehenden Änderungen, behandelt Poincaré die Theorie von Helmholtz, die die Theorien von Neumann und Weber als Spezialfälle und die Theorie von Maxwell als Grenzfall einschliesst. Der Nachweis, dass jede Theorie zu verwerfen ist, die der Helmholtzschen Constante k einen negativen Wert beilegt, führt zur Ablehnung von Webers Theorie, die sich aus der Helmholtzschen ergiebt, wenn man $k = -1$ setzt. Im Gegensatz zu der verbreiteten irrtümlichen Ansicht, dass man von der Helmholtzschen Theorie zu der Maxwellschen gelangt, indem man $k = 0$ setzt, weist Poincaré nach, dass die Maxwellsche Theorie auf der Annahme beruht, dass eine gewisse Constante λ unendlich klein ist, und dass in diesem Falle k in die Gleichungen überhaupt nicht eingeht. Bei den älteren elektrodynamischen Theorieen ist $\lambda = K_0$, gleich dem spezifischen Induktionsvermögen des leeren Raums oder der Luft, nach den neueren soll es einen zwischen 0 und K_0 liegenden Wert besitzen. Vor den Hertzschen Untersuchungen besass man kein Mittel, die Grösse λ experimentell zu bestimmen. Poincaré begründet den Vorzug der Maxwellschen Elektrodynamik theoretisch durch den Nachweis, dass Maxwells Theorie die einzige ist, die mit dem Hertzschen „Prinzip von der Einheit der elektrischen Kraft“ sich verträgt.

Eine von Blondin verfasste gedrängte Beschreibung der Hertzschen Experimente bildet den Übergang zu einem eingehenden kritischen Versuch, eine Theorie dieser Experimente aufzustellen. Poincaré ist sich vollkommen bewusst, dass die Lösung dieser Aufgabe zur Zeit noch ungemein schwierig, fast unmöglich und daher der Versuch einer solchen verfrüht ist. Wenn auch die Zukunft erst die endgültige Theorie der Hertzschen Versuche noch bringen muss, so sind doch gegenwärtig die Poincaréschen Vorarbeiten für jeden Mitarbeiter auf diesem Wissensgebiete von dem grössten Nutzen. Mit anerkennenswerter Offenheit weist Poincaré stets auf die Fragen hin, die er noch nicht zu erledigen vermag, und regt dadurch den Leser auf das lebhafteste zu eigenem Nachdenken und Forschen an.

Poincaré ist ein Meister klarer sprachlicher Darstellung und eleganter mathematischer Entwicklung. Sein Werk ist zur Zeit das einzige, das einen vollständigen Überblick über den augenblicklichen Zustand der theoretischen Elektrizität gewährt. Ein von Poincaré abgefasstes Ergänzungskapitel berücksichtigt noch die Fortschritte in diesem Zweige der Wissenschaft während der Zeit zwischen dem Schlusse der Vorlesungen und dem Beginn des Druckes, d. h. zwischen Juni und November 1890. Ein weiterer dankenswerter Zusatz der Herausgeber bringt noch einen kurzen Überblick über die bedeutendsten Fortschritte auf diesem in rascher Umwandlung begriffenen Gebiete der Physik bis zur Drucklegung der deutschen Ausgabe.

H. Hahn-Machenheimer, Berlin.

Jahrbuch der Chemie. Bericht über die wichtigsten Fortschritte der reinen und angewandten Chemie. Herausgegeben von Richard Meyer in Braunschweig. I. Jahrgang, 1891. Frankfurt a. M. Verlag von H. Bechhold. 1892. 544 S.

Schon seit einer langen Reihe von Jahren erscheint der vorzügliche „Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie und verwandter Teile anderer Wissenschaften, begründet von J. Liebig und H. Kopp, später herausgegeben von Fittica“ (bei Vieweg), der einen vollständigen Überblick über die gesamte chemische Litteratur giebt und in keiner Fachbibliothek fehlen sollte. Wenn dennoch andere Unternehmungen mit entsprechendem Zweck entstehen, so ist der Grund einmal darin zu suchen, dass, wie es in der Natur der Sache liegt, ein vollständiger Bericht immer erst etwas

später erscheinen kann, dann aber auch die Ausgabe für einen solchen so beträchtlich ist, dass viele Private von dem Ankauf abgehalten werden. Auch ist auf chemischem Gebiete, das ausserordentlich umfangreich, in sich aber nicht so verschiedenartig und heterogen ist wie das physikalische, versucht worden, über einzelne Teile der Chemie wie Zoochemie, Chemie der Farbstoffe, reine Chemie in besonderen Jahresberichten zu berichten, Unternehmungen, die aber der Zersplitterung mehr Vorschub leisten als sie verhindern und auch durch die Abgrenzung denanderen Gebieten der Chemie gegenüber eine Schwierigkeit bieten, die nur schwer zu überwinden ist.

Dies neue Jahrbuch ist für den Fachmann bestimmt. „Das Jahrbuch soll den Gesamtfortschritt der chemischen Wissenschaft und Technik, wie er sich im Laufe eines Jahres vollzogen hat, sowie überhaupt bedeutende Erscheinungen im chemischen Leben, welche sich über das Tagesinteresse erheben, in regelmässig wiederkehrenden zusammenhängenden Berichten zur Darstellung bringen.“ Es macht auf Vollständigkeit keinen Anspruch, so dass dadurch der Jahresbericht von Fittica durchaus nicht entbehrlich wird. Bei den Berichten sind nur die hervorragendsten Zeitschriften berücksichtigt. Um der Forderung der Vollständigkeit einigermaassen entgegenzukommen, ist für später eine Litteraturübersicht in Aussicht genommen. Dem Wunsche eines billigen Preises (12 M., gebunden 13,50 M.) und schnellen Erscheinens (der Bericht über 1891 erschien 1892) wird durch diese Form genüge geschehen. Die einzelnen Abschnitte sind in fliessender, übersichtlicher und klarer Darstellung von Fachleuten sachlich behandelt, so dass in dieser Beziehung der Bericht nichts zu wünschen übrig lässt. Das ganze Gebiet der Chemie ist in 14 Abschnitte geteilt (die Namen der Berichterstatter sind in Klammern hinzugefügt): I. Physikalische Chemie (Nernst). II. Anorganische Chemie (Krüss). III. Organische Chemie (C. A. Bischoff). IV. Physiologische Chemie (F. Röhmann). V. Pharmaceutische Chemie (H. Beckurts). VI. Chemie der Nahrungs- und Genussmittel (H. Beckurts). VII. Agrikulturchemie (M. Märcker und L. Bühring). VIII. Metallurgie (F. Dürre). IX. Anorganisch-chemische Technik (C. Häussermann). X. Explosivstoffe (Derselbe). XI. Technologie der Kohlenhydrate und Gährungsgewerbe (M. Märcker und L. Bühring). XII. Technologie der Fette (R. Benedikt). XIII. Theer- und Farbenchemie (R. Meyer). XIV. Photographie (J. M. Eder und E. Valenta).

An allen denjenigen Schulen, welche in ihren Mitteln beschränkt und nicht in der Lage sind, einen grösseren Jahresbericht zu halten, sollte dieses Jahrbuch als laufende Beschaffung für den chemischen Unterricht gekauft werden, denn der Lehrer der Chemie vermag den Unterricht nicht erspriesslich zu erteilen, wenn er nicht selbst mit den neueren wissenschaftlichen Fragen, Forschungen und Resultaten, die er ja auf ihre Verwertung für den Unterricht zu prüfen hat, möglichst bekannt ist; dieses Ziel zu erreichen, bietet das Meyersche Jahrbuch ein vortreffliches Mittel; auch wird der Einzelne es leicht für seine Privatbibliothek beschaffen können. *Schw.*

Jahrbuch der Naturwissenschaften 1891—1892. Unter Mitwirkung von Fachmännern herausgegeben von Dr. Max Wildermann. Mit 35 Holzschnitten und 2 Kärtchen. Freiburg i. B. Herdersche Verlagshandlung, 1892. XV und 559 S. M. 6.—, geb. M. 7.—.

Dieser VII. Jahrgang ist nach denselben Grundsätzen wie die früheren (vgl. *diese Zeitschrift V 99*) zusammengestellt. Die Physik umfasst diesmal 35 grössere und 19 kleinere Artikel, die angewandte Mechanik 14 bez. 11 Artikel. Die Chemie wird in acht Hauptabschnitten behandelt. Die Auswahl ist auch diesmal eine vortreffliche, nur hinsichtlich der physikalischen Apparate für den Unterricht scheint mehr der Zufall als eine wirkliche Sichtung maassgebend gewesen zu sein. Der Herausgeber sollte entweder einen wirklichen Ueberblick des Geleisteten bieten (wie es in Rethwischs Jahresbericht für das höhere Schulwesen geschieht) oder überhaupt darauf verzichten, das bezeichnete Gebiet zu berücksichtigen. Auch die Auswahl der chemischen Unterrichtsversuche giebt kein Bild von den wirklich im Berichtsjahr zu verzeichnenden Fortschritten. Die übrigen Abschnitte enthalten viel Interessantes und dürften namentlich dem Lehrer der Naturwissenschaften, dem das ganze Gebiet zu überschen obliegt, eine willkommene Hülfe gewähren. *P.*

Die Kreiselbewegung. Untersuchung der Rotation von Körpern, welche in einem Punkte oder gar nicht unterstützt sind. Von Wilhelm Jansen, Hauptmann a. D., früher Waffenlehrer an der Kriegsschule Hannover. Mit vielen Abbildungen. Berlin, Luckardt, 1891. 54 S.

Der Verfasser sucht experimentell die Gesetze der Kreiselbewegung festzustellen, und zieht ausser symmetrischen scheibenförmigen Kreiseln auch solche in Betracht, denen er, durch Befestigung von Übergewichten am Rande der Kreiselscheibe, eine bestimmte Unsymmetrie erteilt hat. Aus seinen Versuchen geht hervor, dass das langsame Aufrichten der Axe frei beweglicher Kreisel durch unsymmetrische Massenverteilung begünstigt wird. Dieser Einfluss mag bei weniger

genau gearbeiteten Kreiseln stärker sein als der der Reibung, den man gewöhnlich als Grund der Erscheinung ansieht. Die Behauptung, dass die Reibung das Aufrichten der Axe eines auf wagerechter Ebene laufenden Kreisels sogar hemme, und dass eine starke Reibung sogar ein Sinken der Axe veranlasse, ist jedoch zu weitgehend. Die als Grund für diese Ansicht angeführten Versuche lassen eine andere Deutung zu. Ein Kreisel lief auf einer auf Glas ausgebreiteten Schicht von vier Papierblättern, durchbohrte diese und senkte dann seine Axe. Den Grund hierfür hat man aber statt in der grossen durch vier Papierblätter hervorgebrachten Reibung vielmehr in der nach dem Durchbohren eintretenden Unfreiheit der Kreiselspitze zu suchen.

Die mathematische Analyse ist bis jetzt meist nur auf die Bewegung des Kreisels unter Ausschluss der Reibung angewandt worden, nur in Jelletts Theorie der Reibung (deutsch von Lüroth und Schapp) wird aus den Gleichungen der Mechanik unter gewissen vereinfachenden Voraussetzungen der Satz hergeleitet, dass die Axe eines frei laufenden Kreisels nach einiger Zeit nahezu vertikal stehen muss. Eine physikalische Einsicht in den Grund und die Art und Weise des Aufrichtens ist jedoch bei der Grösse des mathematischen Apparates nicht zu erwarten. In einem besonderen Aufsatze werde ich zeigen, dass die früher von mir für die Kreiselbewegung aufgefundenen einfachen Gesichtspunkte auch die verschiedenartige Wirkung der Reibung auf Kreisel mit freier und fester Spitze vollständig physikalisch aufklären. Die Theorie des Verfassers, welche von einer angenommenen Asymmetrie ausgehend, das Aufrichten und die Präzessionsbewegung der Kreiselaxe zugleich erklären will, hat in sich selbst einen Widerspruch. Es soll nämlich das Aufrichten hauptsächlich daraus gefolgert werden, dass eine um eine schiefe feste Axe sich drehende und mit einem Übergewicht belastete Kreiselscheibe während jeder Umdrehung dann am geschwindesten ist, wenn das Übergewicht seine tiefste Lage habe. Darauf wird aber, um dieselben Annahmen auch zur Erklärung der Präzession zu verwerten, auch für die „Fallseite“ des Gewichts eine grössere Geschwindigkeit postuliert als für die „Steigseite“, weil dort die Geschwindigkeit zunehme, hier abnehme. Die Zunahme und die Abnahme der Geschwindigkeit beginnen aber mit verschiedenen Anfangsweiten.

Sehr brauchbar ist das Kriterium des Verfassers zur Bestimmung der Richtung der Präzession. Sie erfolgt in demselben Sinne, in welchem die Rotation des Kreisels stattfände, wenn man seine Axe zur Senkrechten aufrichtete. Wenn man ferner die senkrechte Axe eines Kreisels durch leise Berührung mit einem wagerechten Stäbchen zurückzustossen sucht, so bewegt sie sich bei Festhaltung der senkrechten Lage seitwärts nach der Richtung, nach welcher die Axe in Folge ihrer Rotation an dem Stäbchen entlang rollen würde. Sucht man die eiserne Axe eines Kreisels mit einem Magneten anzuziehen, so bewegt sie sich dementsprechend auch seitwärts, und zwar entgegengesetzt der Richtung, nach welcher sich die Axe an dem Magneten abrollen könnte. Zugleich zeigt hierbei die Axe das Bestreben, sich schräg zu stellen.

Für die Bewegung rotierender Körper in der Luft werden einige mit einfachen Mitteln zu wiederholende Versuche angegeben. Aus Birkenholz ist ein geschossähnlicher Körper — Cylinder mit aufgesetztem Kegel — hergestellt, dessen Boden mit Blei beschwert ist. Der frei herabfallende Körper stellt nach einigen Schwankungen seine Axe vertikal, so dass der beschwerte Boden vorangeht. Es wird nun in den Boden eine eiserne Axe eingeschraubt, die einen Querstift trägt, an der Spitze des Geschosses ist die Verlängerung der Axe durch einen dünnen Holzstab markiert. Man senkt die eiserne Axe in ein Röhrchen, dessen Rand nach Art eines Sperrzahns ausgeschnitten ist, um dem Querstift einen einseitigen Widerstand zu bieten, und spannt durch Umdrehen des Geschosses eine starke Spiralfeder, die zwischen dem mitgedrehten Röhrchen und der Wand einer es zylindrisch umgebenden festgehaltenen Kapsel verläuft. Löst man das Röhrchen aus einer es festhaltenden Rast, so geräth das Geschoss in schnelle Rotation. Die beschriebene Vorrichtung ist als Zubehör mancher Kreisel (toupie à ressort, plus de ficelle) oder des unter dem Namen Flieger bekannten Spielzeugs leicht zu beschaffen. Liess man nun das rotierende Geschoss mit anfangs wagerechter Axe frei fallen, so blieb bei geringer Fallgeschwindigkeit die Axe sich selbst parallel. Wuchs bei grösserer Geschwindigkeit der Luftwiderstand, dessen Angriffspunkt zwischen dem Schwerpunkt und der Spitze des Geschosses liegt, so begann die Axe eine horizontale Drehung anzunehmen, die bei 15 m Fallhöhe sich auf 45° belief. Die Richtung dieser Axendrehung ist derjenigen entgegengesetzt, welche einträte, wenn der Körper mittelst der eingeschraubten Spitze auf wagerechter Platte als Kreisel liefe. Aus diesem Versuch lassen sich wichtige Folgerungen über das Verhalten der aus gezogenen Läufen geschleuderten Geschosse ziehen.

M. Koppe.

Geschichte der Physik. Von Dr. E. Gerland. Mit 72 in den Text gedruckten Abbildungen. Leipzig, J. J. Weber, 1892. VI und 356 S. In Original-Leinenband M. 4.—.

Vor den ausführlicheren Darstellungen, die die Geschichte der Physik in der neuesten Zeit erfahren hat, besitzt das vorliegende Werk den Vorzug, nicht aus Einzelbildern zusammengesetzt, sondern wie aus einem Guss gearbeitet zu sein; aus gründlichster Kenntnis des Gegenstandes hervorgegangen, bietet es ein Gesammtgemälde, das die grossen Züge der Entwicklung lichtvoll hervortreten lässt, ohne des Reizes der Detailschilderung zu ermangeln. Die Geschichte der Naturwissenschaft im Altertum eröffnet den Band; sie zeichnet sich u. a. durch eine vorurteilsfreie Anerkennung der Griechen aus, die zuerst „die Natur als ein Ganzes“ zu begreifen suchten. Die Wurzeln der induktiven Methode werden nicht nur bei Sokrates, sondern auch, was weniger allgemein anerkannt ist, bei Aristoteles gefunden. Die Bedeutung des Archimedes wird in das vollste Licht gesetzt, mit Recht, da noch Galilei ihn als seinen grössten Vorgänger und Lehrmeister verehrte. Bei Ktesibios sind die Beweise dafür angegeben, dass die ihm zugeschriebene Feuerspritze keinen Windkessel hatte, also nicht continuierlich wirkte; bei Ptolemäus ist der Apparat zur Untersuchung der Lichtbrechung abgebildet, der fast völlig mit einem neuerdings wieder für den Unterricht vorgeschlagenen (*d. Zeitschr. II 162*) übereinstimmt.

Die Geschichte der Physik im Mittelalter behandelt in drei Abschnitten die Araber, deren Einfluss auf das Abendland, und das vorgalileische Zeitalter. Dann folgt die grosse Zeit, die durch Galilei und Keppler ihr Gepräge erhalten hat, dann das Zeitalter von Huygens, Newton, Leibniz, hierauf das achtzehnte, endlich das neunzehnte Jahrhundert bis zur unmittelbaren Gegenwart. Namentlich in dem letzten Abschnitt zeigt sich die Meisterschaft des Verfassers, den ihm völlig vertrauten Stoff zu gestalten, zu gruppieren und zu verknüpfen. Hier bildet besonders Faraday einen Kern, an den sich ganze Forschungsgebiete in verschiedenen Richtungen anschliessen. In allen Teilen des Werkes ist auch die Darstellung der leitenden Gedanken mit der Vorführung der wichtigsten Einzelthatsachen aufs glücklichste vereinigt. Galilei wird das Verdienst zuerkannt, die induktive Methode neu erfunden zu haben, wohingegen in Bacons Novum organon keine selbständige Bedeutung für die Naturwissenschaft erblickt wird. Die eigentümlich verwickelte Vorstellung, von der sich Galilei bei der Betrachtung des aufwärts geworfenen und dann wieder fallenden Körpers leiten liess, wird eingehend dargelegt; deutlicher hätte wohl hervorgehoben werden sollen, dass er sich gegen die Benedettische Annahme continuierlich wirkender Impulse der Schwere ablehnend verhalten hat. Aus der Fülle des Stoffes sei noch besonders erwähnt, dass Leibniz, Papin, R. Mayer gerecht gewürdigt werden, und dass die Stellung Steinheils in der Geschichte der Telegraphie durch Beschreibung und Abbildung seines Schreibtelegraphen zur Geltung gebracht wird. Bei einer so gedrängten Darstellung darf man mit dem Verfasser nicht über Weggelassenes rechten; Erwähnung hätten jedenfalls bei der Lehre von den Obertönen die Namen von Ohm und Fourier verdient. Zu berichtigen ist zu dem Versuch auf dem Puy de Dôme, dass das Quecksilber oben um mehrere ‚Zoll‘ tiefer als unten stand.

Das Buch wird als ein überaus zuverlässiges und inhaltreiches Hilfsmittel zur Orientierung in der Geschichte der Physik eine dauernde Bedeutung gewinnen. *P.*

Anfangsgründe der Physik mit Einschluss der Chemie und mathematischen Geographie für den Unterricht an höheren Lehranstalten sowie zur Selbstbelehrung von Karl Koppe. 18. vermehrte und zum Teil umgearbeitete Auflage von Dr. H. Koppe. Mit 383 Holzschnitten. X und 504 S. Essen, G. D. Bädeker, 1892. M. 4,80.

Diese neue Auflage ist eine in vieler Hinsicht verbesserte, namentlich die Abschnitte über Elektrizität und Magnetismus sind völlig umgestaltet. Die in dieser Zeitschrift (*III 161* u. a.) empfohlene elementare Einführung des Potentialbegriffs ist den genannten Abschnitten zugrunde gelegt, auch die Bezeichnung „Elektrizitätsgrad“ ist acceptiert, und die ausführliche Darstellung, die den darauf bezüglichen Lehren zu teil geworden ist, kann als ein willkommener Beitrag zum methodischen Ausbau des ganzen Gebiets gelten. Die Entstehung des galvanischen Stroms und die Erklärung der Voltaschen Säule haben eine entsprechende Umgestaltung erfahren; das Ohmsche Gesetz und die in ihm verknüpften Begriffe sind neu bearbeitet. Von den zahlreichen anderweitigen Verbesserungen sei besonders noch die Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents nach R. Mayer (vgl. d. Zeitschr. *III 202*) hervorgehoben. Zum ersten Male ist auch ein Kapitel über mathematische Geographie hinzugefügt. Die neue Auflage zeigt, dass der Herausgeber den Fortschritten der Methodik folgt und ihnen gerecht zu werden weiss; sie zeichnet sich überdies durch grössere Schrift und weiteren Satz vor den früheren vorteilhaft aus. *P.*

Programm-Abhandlungen.

Elementare Einführung in die Lehre von den harmonischen Bewegungen. Von Raphael Heyden. Mit 4 Figuren. Luisenstädt. Oberrealschule zu Berlin. Ostern 1892. Pr. No. 101.

Mit Hülfe des Hamiltonschen Hodographen wird die gleichförmige Kreisbewegung behandelt und im Anschlusse an diese der Begriff des Kraftfeldes auseinandergesetzt. Als Bewegung im homogenen Felde wird der unfreie Fall der Körper im Wasser, an der Fallmaschine, auf der Fallrinne betrachtet und von hier zu dem harmonischen Kraftfelde übergegangen. Als Beispiele für die Demonstration des letzteren werden eine Aräometerspindel in Wasser, die Flüssigkeit in einer Uförmigen Röhre, das Fallgewicht einer Atwoodschen Fallmaschine bei Verbindung mit einer bis zur Erde reichenden Kette, das Fadenpendel, eine herabhängende Spiralfeder, endlich das Kraftfeld einer nach dem Newtonschen Gesetz wirkenden kugelförmigen Masse angeführt. Die Bewegungen im harmonischen Felde lassen sich dann mit Hülfe der im Kraftfelde geleisteten Arbeit sehr einfach behandeln. Den Schluss bildet die Betrachtung eines „harmonisch gebauten" Mediums und die Demonstration der Wellenbewegungen, für die der Verfasser ein sehr sinnreiches Veranschaulichungsmittel erdacht hat. Im Zusammenhang damit werden die Bewegungsgleichungen der schwingenden Bewegung entwickelt. Die Abhandlung ist als ein Beitrag zur Verwendung des Kraftfeldes im Unterricht interessant; es bedarf einer so vielfältigen Durchsetzung der theoretischen Erörterung mit experimentellem Material, wie der Verfasser sie in Anwendung bringt, um den Gefahren zu begegnen, die das Hereinziehen des immerhin abstrakten Gebietes in den Unterricht mit sich führt. *P.*

Der Projektionsapparat. Seine praktische Einrichtung, Handhabung und Verwertung für den Unterricht. Von Paul Fischer. Kgl. Realprogymnasium zu Culm, 1892. Pr. No. 46.

An der Unterrichtsanstalt des Verfassers sind Einrichtungen getroffen, um den Projektionsapparat (Skioptikon) als ständiges Unterrichtsmittel für mehrere Classen zu verwenden. Es ist höchst dankenswert, dass die dabei gemachten Erfahrungen in diesem Programm veröffentlicht und so für weitere Kreise nutzbar gemacht sind. Die örtlichen Verhältnisse werden genau beschrieben, dann die Apparate besprochen. Als unzweifelhaft praktische Beleuchtungsquelle hat sich Kalklicht mit Leuchtgas-Sauerstoffgebläse bewährt. Die Zirkonerde statt des Kalkes zu verwenden hat der Verfasser aus mehreren Gründen nicht für empfehlenswert gefunden. Von den Brennern wird der Linnemannsche für den geeignetsten erklärt, als Gasometer wird ein Glockengasometer nach dem Prinzip des in Gasanstalten gebräuchlichen empfohlen. Zur Entnahme des Sauerstoffs dient ein kleineres Gummigebläse, aus dem das Gas zunächst in eine Waschflasche von 1 Liter Inhalt mit 1—2 cm hoher Schwefelsäureschicht geleitet wird; die Waschflasche wirkt zugleich als Windkessel. Zur Projektion mikroskopischer Objekte wird ein Reflexionsprisma auf den Tubus des Mikroskops gesetzt. Ausser Objekten der Naturbeschreibung, der Länder- und Völkerkunde werden auch physikalische und chemische Erscheinungen projiziert; doch wird geraten, das Skioptikon bei letzterem nur dann anzuwenden, wenn der Versuch auf andere Weise einer grössern Anzahl von Schülern nicht gezeigt werden kann. Besonders empfohlen werden die Darstellung eines Spektrums, das Auftreten und Verschwinden der dunklen Natriumlinie mit Hülfe einer mit Natrium gespeisten schwachen Spiritusflamme, die Erscheinungen der Beugung, Interferenz und Polarisation, endlich Krystallisationen. Schliesslich werden einige beachtenswerte Winke über die Praxis des Unterrichts in der „Skioptikonstunde" gegeben. *P.*

Gilberts Physiologia nova de magnete. (Teil I.) Von Leopold Schnaase. Kgl. Friedrichs-Gymnasium zu Pr. Stargard. 1892.

Auch in dieser Zeitschrift ist wiederholt die Forderung erhoben worden, dass das geschichtliche Element im Physikunterricht mehr beachtet und dass in grösserem Umfange als bisher der Geschichte der Physik ein eingehendes Quellenstudium zugewendet werde. Dieser Forderung gemäss wird in der vorliegenden Abhandlung ein Auszug aus den drei ersten Büchern des bahnbrechenden Werkes von Gilbert gegeben. Allen, denen das Werk nicht selbst zugänglich ist, wird damit sicher ein grosser Dienst erwiesen sein. Denn Gilbert gebührt der Ruhm, gleichzeitig mit Galilei das Experiment als die Grundlage naturwissenschaftlicher Erkenntnis nicht nur bezeichnet, sondern auch geübt zu haben. Die vorliegende Abhandlung beschränkt sich zu sehr auf einen blossen Bericht, als dass die methodischen Verdienste des grossen Forschers zu deutlicher Darstellung kämen. Auch die Spekulationen des genialen Mannes verdienen eine bessere Würdigung, als ihnen noch in einer neueren Geschichte der Elektrizität zu teil geworden ist. Hoffentlich denkt der Verfasser in dem für später vorbehaltenen zweiten Teil seiner Arbeit auf die historisch-kritische Seite seiner Aufgabe näher einzugehen. *P.*

Ein Erlass des österreichischen Ministers für Cultus und Unterricht.

Im Anschlusse an die neuen Verordnungen für den Unterricht am Untergymnasium (*d. Zeitschr. V 317*) hat der österreichische Unterrichtsminister einen Erlass (Z. 11373) veröffentlicht, der bedeutsame, über die Grenzen der österreichischen Monarchie hinaus beachtenswerte Ausführungen enthält. In diesem bereits (*V 320*) erwähnten Erlass wird auf den Grundgedanken des Organisationsentwurfes von 1849 hingewiesen, dass das Hauptgewicht des Unterrichts „nicht in die klassische Litteratur, noch in diese zusammen mit der vaterländischen, sondern in die wechselseitige Beziehung aller Unterrichtsgegenstände aufeinander“ gelegt wurde. „Dieser nach allen Seiten nachzugehen und dabei die humanistischen Elemente, welche auch in den Naturwissenschaften in reicher Fülle vorhanden sind, überall mit Sorgfalt zu benutzen“, das war die neue grosse Aufgabe, welche dem österreichischen Gymnasium gestellt wurde.

Während dieser Gedanke sich als ein bleibender Gewinn für die Organisation der österreichischen Gymnasien erwiesen hat, wird ein anderer Bestandteil der Gymnasialverfassung, die Zweistufigkeit, nach einer Erfahrung von vier Jahrzehnten als revisionsbedürftig befunden. Die Darlegungen hierüber sind um so wichtiger, als in Deutschland gerade jetzt ein beträchtlicher Schritt in der Richtung auf die Gestalt der Zweistufigkeit hin gethan worden ist, die man in Österreich als verderblich erkannt hat. Der Erlass sagt darüber Folgendes:

„Nicht mindere Unzukömmlichkeiten hatte eine andere Einrichtung der Organisation im Gefolge, welche, wie sie gedacht war, dem gesammten Unterrichte nur zum Vorteile gereichen sollte: die Zweistufigkeit, nach welcher dieselben Gegenstände, wie Geschichte, Mathematik, Naturgeschichte und Physik, in dem Lehrplan der Unter- und Oberstufen Aufnahme fanden. Das Untergymnasium sollte, wie die Verhältnisse des Mittelschulunterrichtes damals lagen, nicht bloss für das Obergymnasium vorbereiten, sondern zugleich ein relativ abgeschlossenes Ganzes von Bildung gewähren, wodurch die Schüler sowohl zum Übertritte in die höhere Stufe der Realschulen, als auch zum Eintritt in manche Berufe des praktischen Lebens befähigt würden. Und in der That machten auch viele Schüler, welche an eine Fortsetzung ihrer Gymnasialstudien nicht dachten, von dieser Gelegenheit Gebrauch. Auf diese Weise kam aber nicht bloss ein Ballast von Schülern in das Untergymnasium, der den gesunden Fortschritt jener hemmte, welche die Reife für das akademische Studium zu erreichen wünschten, sondern auch Auswahl und Behandlung der Lehrstoffe wurden in einer dem eigentlichen Zwecke ungünstigen Weise beeinflusst. Das Streben nach einer gewissen systematischen Vollständigkeit machte die Lehrbücher des Untergymnasiums immer mehr anschwellen und oft zu trockenen Auszügen jener des Obergymnasiums, und liess die verschiedenen Ziele beider Stufen nicht mehr scharf genug auseinander halten. Heute liegen die Dinge anders. In reicher Zahl stehen verschiedenartige Schulen der Jugend offen, welche, für jeden Beruf die angemessene Vorbereitung bietend, sie nicht mehr unterschiedlos zwingen, den Weg durch das Gymnasium zu nehmen, welcher für sie zumeist ein Umweg, nicht selten ein Abweg sein wird.

Aber die unter früheren Verhältnissen ausgebildete Unterrichtspraxis ist keine andere geworden, und das Verständnis der pädagogischen Motive, welche für die Zweistufigkeit sprechen, scheint vielfach vergessen. Die Fächer, welche im Untergymnasium und dann neuerdings im Obergymnasium vorkommen, decken sich nach Inhalt und nach ihrer Behandlungsart nicht. Die untere Stufe hat dieselben in einer minder umfassenden, mehr elementaren Weise zu behandeln, die obere Stufe sie zu erweitern und strenger zu begründen. Diese kann sich demnach mit einer geringeren Menge sicherer Kenntnisse, welche der Schüler aus dem Untergymnasium mitbringt, begnügen, um ihre Arbeit zu verrichten. Was sie nicht entbehren kann, ist eine tüchtige Schulung der Sinne und des Verstandes, eine frische Aufnahmsfähigkeit und Arbeitsfreudigkeit. Vielwissen aber nährt und kräftigt den Geist nicht, und der jugendliche Geist wird frühzeitig abgestumpft, wenn man ihm zweimal dasselbe bietet und zuerst in einer Weise bietet, wie es dieser Altersstufe noch nicht angemessen ist. Je mehr der Stoff überwuchert, welcher nur eine gedächtnismässige Aneignung zulässt, desto weniger hat man sich von einer ausgiebigeren Entfaltung seiner bildenden Kraft zu versprechen. Diese pädagogischen Erwägungen gestatten nicht blos ohne Schädigung der davon betroffenen Gegenstände, sondern fordern geradezu eine namhafte Verminderung des Lehrstoffes, welche die gegenwärtigen Lehrpläne verfügen“.

Wir glauben unsern Lesern auch den nachstehenden Abschnitt des Erlasses nicht vorenthalten zu sollen, der von wahrhaft pädagodischem Geist eingegeben und von Vertrauen zu den lebendigen, unmittelbar in der Unterrichtspraxis thätigen Kräften erfüllt ist:

„Alle diese Verfügungen und Ratschläge zählen, um zur vollen Wirkung zu gelangen,

auf das bereitwillige Entgegenkommen denkender Lehrer; sie verlangen die Selbstbeherrschung und Bescheidenheit des Fachmannes; sie setzen voraus, dass die humane Bildung, welche von den einzelnen Disziplinen in die Seele der Schüler überströmen soll, in den Vertretern derselben lebendig geworden, ihre wissenschaftliche und erziehliche Thätigkeit in der Schule bestimme und durchdringe. Es wird von manchem vielleicht als ein persönliches Opfer empfunden werden, nicht mehr alles, was er möchte und gewohnt war, aus der Fülle seiner Kenntnisse spenden zu dürfen und sein Fach in eine dienende, wie ihm vorkommen mag, untergeordnete Stellung bringen zu müssen. Was aber an Umfang der Kenntnisse geopfert wird, wird reichlich ihre Vertiefung ersetzen, und es ist eine Thätigkeit vornehmster Art, wenn vor Allem die geistigen Kräfte der Schüler angeregt und entwickelt werden und der erziehliche Inhalt und Geist der Lehrgegenstände zur ganzen Wirkung gebracht wird. Diesem ethischen Ziele gegenüber ist ein Mehr oder Weniger von Kenntnissen und Fertigkeiten gleichgiltig.

Auf solchen Erwartungen ruht die Einrichtung des Fachlehrersystems und die Forderung der gründlichsten Ausbildung der Lehrer auf begrenzten Wissensgebieten. Denn daraus entspringt die Einsicht und Kraft, aus der Menge des Stoffes die wahrhaft fruchtbaren Elemente herauszufinden, dieselben auf die leichteste Weise mitzuteilen und so das Interesse der Jugend zu wecken.

Ist dies gelungen, dann ist auch in der Regel der Trieb erwacht, der selbst auf der unteren Stufe des Unterrichts in freiwilliger Anstrengung sich befriedigt. Was aber durch selbstthätige wenn auch noch so bescheidene Arbeit erworben wird, das haftet und schafft jene innere Tüchtigkeit und Selbständigkeit der Gesinnung, ohne welche wahre Bildung nicht besteht. Die schönsten Eindrücke der Schule sind solch befreiende und erhebende Wirkungen verehrter Lehrer.

Damit ist ein Verhältnis zwischen Lehrern und Schülern berührt, welches die sorgsamste Pflege verdient, aber mit Rücksicht auf das Fachlehrersystem, das nicht vermisst werden kann, und bei der Überfüllung der unteren Klassen der meisten Gymnasien, die nun einmal vorhanden ist, ganz besondere Gaben und Leistungen von Seiten der Lehrer voraussetzt.

Es giebt Lehrer — und die natürliche Neigung, welche zur Wahl dieses schwierigen Berufes bestimmt, sichert glücklicherweise solche in der Mehrzahl — denen der Verkehr mit den Schülern Herzenssache ist, deren Mahnung sich der Ungeberdige willig fügt, deren Zuspruch den Schwachen ermuthigt und anspornt. Aber auch jener Lehrer, dem es nicht leicht wird, seinen Zöglingen menschlich näher zu treten, kann bei aller Strenge seiner Forderung volle Wirkung auf die Classe üben und sich aller Verehrung erfreuen. Nur eines vor anderem darf der feine Sinn der Schüler nicht vermissen: Gerechtigkeit und Wohlwollen. Diese sind die wichtigste Bedingung jeder erziehlichen Thätigkeit: sie sind geradezu unentbehrlich auf der unteren Stufe.

Ein Lehrer, welcher dieses Wohlwollen in sich nicht aufzubringen vermag und durch einschüchternde Strenge Lehrerfolge zu erzwingen sucht, hat seinen Beruf verfehlt und wird diesen Mangel durch den redlichsten Eifer für die Sache und durch wissenschaftliche Tüchtigkeit nicht aufwiegen können. Auch wird ihm die innere Freudigkeit, welche der erziehlichen Arbeit Mühen sonst belohnt, nicht zuteil. Und die Nachteile solchen Verhaltens reichen weiter. Denn man ist nur zu geneigt, Miss griffe einzelner Lehrer der Sache aufzubürden, ja sie zum Maassstabe der Beurtheilung zu machen. Nicht bloss die eine Anstalt, welche unmittelbar darunter leidet, sondern die ganze Institution hat die Missgunst wirklich verletzter Interessen zu tragen.

Diese Worte enthalten keinerlei Tadel gegen die Lehrerwelt, sondern wollen vielmehr nur auffordern, den humanen, jugendfreundlichen Sinn, der die Lehrerschaft nach guter alter Tradition auszeichnet, unter schwierigeren Verhältnissen sich zu erhalten; auch geht ihre Ansicht nicht dahin, schwächliche Nachsicht zu billigen und das Durchkommen leicht zu machen. Das Gymnasium ist eine strenge Schule und taugt nicht für jeden, der nur seine Vorteile und Berechtigungen zu erhaschen wünscht. Deshalb soll es auch in seinem Rechte nicht beirrt werden, ungeeignete Schüler je eher je besser zu entfernen, und es wird seine verantwortungsschwere Aufgabe nur dann richtig erfüllen, wenn es seine Leistungsfähigkeit nach Kräften steigert. Das liegt nicht bloss im Interesse der seiner Obhut anvertrauten Zöglinge; es liegt im Interesse des Staates und der Gesellschaft. Der Lehrer aber, welcher mit seinen Schülern das Höchste erreichen und von ihnen fordern will, muss Gerechtes und gerecht fordern und darf sich des wirksamsten Mittels für den Erfolg seiner Bemühungen, des guten Willens derselben, der sich wohlwollender Behandlung willig fügt, nicht berauben.

Die gegenwärtigen Lehrpläne haben Hindernisse zu entfernen und einer eingreifenderen erziehenden und bildenden Einwirkung die Wege zu ebnen gesucht, welche dem idealen Ziele,

wie es der Organisationsentwurf gedacht, in ruhiger Arbeit nun näher bringen wollen. Die Möglichkeit ist gegeben, Höheres zu leisten, ohne Ungebührliches zu fordern. Dass das Gebührende voll und willig geleistet werde, muss die Unterrichtsverwaltung vertrauensvoll in die Hand ihrer Organe legen".

Versammlungen und Vereine.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung am 11. März 1892. Herr F. M. Stapf sprach über die Zunahme der Dichte der Erde in ihrem Innern. — Herr L. Arons teilte einen Versuch über elektrolytische Polarisation mit. Teilt man eine mit verdünnter Schwefelsäure gefüllte Zersetzungszelle durch eine Querwand aus edlem Metall in zwei völlig geschiedene Hälften, so tritt auf der einen Seite der Wand Wasserstoffpolarisation, auf der andern Sauerstoffpolarisation ein. Dem Vortragenden ist es gelungen, die Wand so dünn zu machen, dass diese beiden elektrischen Polarisationen sich in ihrer Wirkung aufhoben. Der Strom wurde von 2 oder 5 Akkumulatoren geliefert, in den Stromkreis war ein Galvanometer geschaltet. Als Wand diente eine Glasplatte mit einer kreisförmigen Öffnung, die nacheinander durch Platinblech von 0,1 mm Dicke, Blattgold, Blattsilber verschlossen wurde. Beim Platin war die Gasentwicklung sichtbar, beim Blattgold und Blattsilber verschwand sie völlig. Discontinuitäten in Metall waren nicht bemerkbar, auch zeigte sich, dass selbst bei Durchlöcherung der Platinplatte an dieser noch Polarisation auftrat, so dass das Verschwinden der Polarisation beim Blattgold und Silber nicht auf vorhandene Löcher zurückgeführt werden kann. — Herr H. Rubens berichtete über seine Versuche betreffend die Dispersion ultraroter Strahlen von sehr grosser Wellenlänge in Fluorit, Steinsalz und Sylvin. Bei den Versuchen wurde ein empfindliches Eisendrahtbolometer und ein Thomsonsches Galvanometer mit Quarzsuspension benutzt. Der Verlauf der Dispersionscurven lehrt, dass es unzulässig ist, die Brechungsexponenten für unendlich lange Wellen durch Extrapolation aus Cauchy's Formel zu bestimmen und dass demnach die Nichtübereinstimmung der auf diesem Wege gefundenen Werte mit der Quadratwurzel aus der Dielektrizitätsconstanten nicht gegen die Maxwellsche Lichttheorie geltend gemacht werden kann. (Vgl. *Wied. Ann. Bd. 45, 1892* und *d. Heft S. 38.*)

Sitzung am 25. März 1892. Herr R. Mewes (als Gast) hielt einen Vortrag über Emission und Absorption. Als von ihm entdeckte Gesetze führte der Vortragende namentlich an: „Die spezifischen Wärmen gleicher Gasvolumina sind bei demselben Druck der brechenden Kraft proportional", und „die absoluten Siedetemperaturen verschiedener Flüssigkeiten sind bei demselben Druck den brechenden Kräften der Siedepunktsdämpfe proportional". Zum Beweise war auf Grund älterer Messungen eine Reihe von Tabellen zusammengestellt. — Herr Th. Gross sprach über Versuche, die Zerlegung des Schwefels elektrolytisch zu bewirken. Baryum- und Strontiumsulfat wurden in einem Silbertiegel geschmolzen, der die eine Elektrode bildete, während die andere aus einem Platindraht bestand, der in die geschmolzene Masse eingetaucht wurde. Bei der Analyse der erhaltenen Produkte waren 40% des Schwefels verschwunden und dafür eine neue Substanz erhalten; der Vortragende nimmt an, dass der Schwefel aus dieser Substanz und Wasserstoff bestehe. — Herr Budde beschrieb neue Versuche über den toten Raum bei Emulsionen von Chloroform und Soda. Die Versuche zeigen, dass die Erscheinung mit den Strömungen zusammenhängt, die in Flüssigkeiten durch Temperaturverschiedenheiten hervorgerufen werden.

(Über die Sitzungen am 8. April, 6. und 20. Mai d. J. ist im vor. Jahrg. S. 325 berichtet.)

Sitzung am 3. Juni 1892. Herr Th. Gross sprach über den Satz von der Entropie im Anschluss an seinen früheren Vortrag in der Sitzung vom 6. Mai d. J. Er stellte auf Grund seiner Erörterungen den Satz auf: Wenn ein Körper unter Einwirkung äusserer Kräfte aus einem in einen zweiten Gleichgewichtszustand übergeht, so ist die Entropie dieses Vorganges stets durch seine beiden Grenzzustände vollkommen bestimmt; sie ist also unabhängig von dem Wege des Ueberganges und zwischen gegebenen Grenzen constant. — Herr W. Wien berichtete auf Grund von gemeinsam mit Herrn L. Holborn angestellten Versuchen über die Messung hoher Temperaturen (*vgl. Zeitschr. für Instrumentenkunde 1892, Heft 8 und 9*).

Sitzung am 17. Juni 1892. Herr H. W. Vogel sprach über die neue Methode der vervielfältigenden Photographie in Naturfarben (vgl. diese Zeitschr. V 314) und legte eine Anzahl von Probebildern vor. — Herr A. König besprach und demonstrierte ein neues Spektralphotometer, in welchem an Stelle des Zwillingsprismas ein modifizierter Lummer-Brodhunscher Photometerwürfel benutzt ist. — Herr H. E. J. G. du Bois demonstrierte: einen Babinet-Hechtschen Compensator; ein Magnetometer nach F. Kohlrausch in vereinfachter Construktion, das Kupfer-

und Luftdämpfung hat, einen drehbaren Spiegel besitzt und an die Wand gehängt werden kann; eine Bogenlampe von SIEMENS und HALSKE von 50 Volt, 40 Amp. und etwa 10000 Kerzen Lichtstärke; einen Intensivnatronbrenner; einen Polarisator und Analysator mit LIPPICHscher Halbschattenvorrichtung; eine magnetische Waage zur raschen Bestimmung der Magnetisierungs-bez. Hysteresiskurven; einen grossen Versuchsmagneten mit trennbaren Ästen; ein gemeinsam mit H. RUBENS construiertes astatisches Galvanometer. — Herr A. Raps demonstrierte ein modifiziertes Spektrometer.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

Sitzung am 27. Juni 1892. Herr R. Lüpke sprach, unter Vorführung zahlreicher Versuche, über Akkumulatoren und ihre Verwendung im Unterricht (vgl. d. Heft S. 11).

Sitzung am 22. August 1892. Herr H. Hahn leitete aus den allgemeinen Gleichungen von Lagrange die partiellen Differentialgleichungen für die von Helmholtz zuerst untersuchten cyklischen Bewegungen ab und entwickelte im engen Anschluss an die Boltzmannschen Vorlesungen über Maxwells Theorie der Elektricität und des Lichtes die Grundgleichungen für lineare Stromleiter. — Vorgelegt wurde ein von J. Friedmann in Bayreuth angefertigter Teilungsmaassstab.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Unterrichtsmodell des Teslaschen Ringes.

Von Ferdinand Ernecke, Präzisionsmechaniker in Berlin.

Schon in der Beschreibung des Apparates für Wechsel- und Drehströme von Prof. Weiler (*d. Zeitschr. V, 192*) wurde auf das von mir construierte Unterrichts-Modell des Tesla-Motors hingewiesen. Der dabei verwandte Zweiphasenstrom ist für die Demonstration der geeignetste, da er die Wirkungen der combinierten Wechselströme in der elementarsten Weise veranschaulicht. Ausserdem hat das für das Funktionieren des Unterrichtsmodells einflusslose sprungweise Fortschreiten des magnetischen Feldes den Vorteil, dass es in jedem Augenblicke des Wirkens eine genaue Beobachtung der Vorgänge im Drehfelde gestattet.

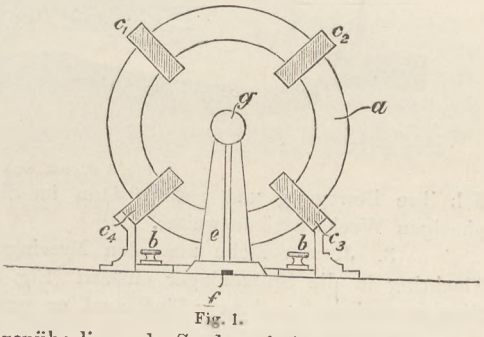


Fig. 1.

Das Modell besteht aus einem umklappbaren Eisenringe von rechteckigem Querschnitte *a* (Fig. 1), welcher in seiner vertikalen Stellung auf dem Grundbrette durch die herausnehmbaren Rändelschrauben *b b* gehalten wird. Dieser Ring ist zu je einem Viertel mit 3 Lagen umsponnenen Kupferdrahtes umwickelt. Die Grenzen der Ringviertel sind durch polschuhartige Verdickungen des Eisenkernes ($c_1\, c_2\, c_3\, c_4$) bezeichnet. Je zwei gegenüberliegende Spulen sind miteinander verbunden; die Drahtenden des einen Spulenpaares führen zu den mit *3*, *4*, die des anderen zu den mit *7*, *8* bezeichneten Klemmen (Fig. 2), so dass also eine sogenannte „gekreuzte" Wickelung entsteht.

Zu beiden Seiten des Teslaringes befinden sich zwei Messingständer (*e*), zwischen denen ein flacher Eisenring, der eine in sich geschlossene Wickelung nach Art des Grammeringes trägt, auf Spitzen läuft (Fig. 3). Das Justieren der Axenspitzen des inneren Ringes wird durch Vor- und Zurückbewegen der in den Messinglagern befindlichen Rändelschrauben *g g* bewirkt.

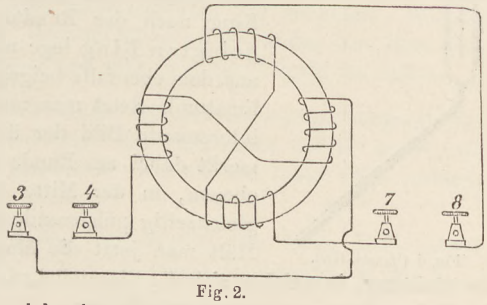


Fig. 2.

Der der Rundung des Grundbrettes zugekehrte Messingständer *e* ist in einem Schlitten beweglich und lässt sich nach dem Niederdrücken einer ihn festhaltenden Feder *f* herausziehen und entfernen. Ferner ist dem Apparate eine Messinggabel mit Handgriff beigegeben, in deren Innerem sich eine Magnetnadel in Spitzen dreht, so dass man sie verschiedenen Teilen des Teslaringes nähern kann (Fig. 4).

Als Drehstromgenerator dient auch diesem Motor die ebenso einfache, als auch für die Demonstration praktische, weil in jedem Momente des Wirkens übersichtliche Combination des

Weilerschen Doppelstromwechslers mit zwei galvanischen Elementen. (Man vergl. die Figur in *d. Zeitschr. V 189.*)

Versuche[1]: Um in den so bewickelten Ring Drehstrom einleiten zu können, verbinde man durch Leitungsdrähte die Klemmen *3*, *4*, *7*, *8* des Motors mit den entsprechend bezeichneten Klemmen des Weilerschen Doppelstromwechslers. Ferner verbinde man die Pole eines Bunsen- oder Chromsäureelementes mit den Klemmen *1*, *2*, die Pole eines zweiten gleichartigen Elementes mit *5*, *6* des Doppelcommutators. Behufs Anstellung der folgenden Magnetnadelversuche nimmt man, indem die linke Hand den inneren Flachring hält, den Messingständer *e* (nach Niederdrücken der Feder *f* durch den kleinen Finger der rechten Hand) aus dem Schlitten heraus und legt nun den Flachring beiseite.

1. Zum Beweise der Rotation der beiden Magnetpole durch den Eisenring lasse man den Kommutator, nachdem man beide Elemente in der angegebenen Weise eingeschaltet, in einer beliebigen Stellung stehen. Nun halte man die Magnetnadel an eine der Verdickungen des Eisenkerns, z. B. c_1 (Fig. 1). Die Nadel zeige hier einen Nordpol, an der entgegengesetzten Seite des Ringes bei c_3 einen Südpol. Hierauf drehe man den Commutator um 45° weiter. Jetzt findet man den Nordpol bei c_2, den Südpol bei c_4. Bei einer abermaligen Weiterdrehung des Commutators um 45° ist der Nordpol bis c_3, der Südpol bis c_1 vorgerückt u. s. f. —

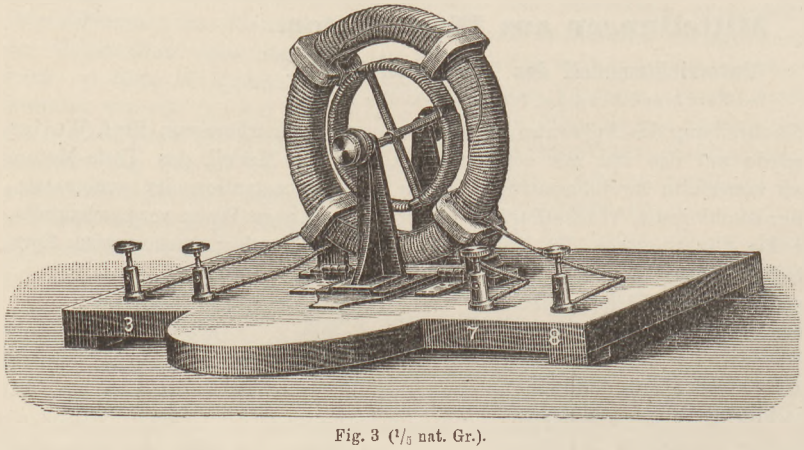


Fig. 3 (1/5 nat. Gr.).

2. Dieselbe Wanderung der Pole zeigt die Nadel auch im Inneren des Ringes an. Drehen wir nun den Doppelstromwechsler andauernd weiter, so nimmt die Nadel, den Polen folgend, eine gewisse Rotationsrichtung an. Wenn wir jetzt den Commutator entgegengesetzt drehen, so hemmt die Nadel augenblicklich ihre Bewegung und rotiert dann im Sinne der neuen Drehungsrichtung der verschiedenphasigen Wechselströme weiter.

3. Jetzt schiebe man den Messingständer wieder in den Schlitten, indem man den Flachring in die Spitzenlager einsetzt (Fig. 3). Sobald die Kurbel gedreht wird, beginnt der Ring zu rotieren, und zwar läuft auch er synchron. Hier haben wir die Anwendung des Drehstromes für den Motor.

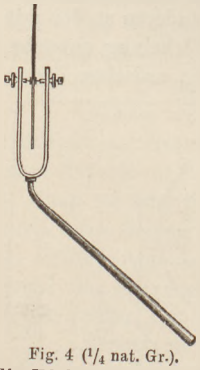


Fig. 4 (1/4 nat. Gr.).

4. Um die magnetischen Vorgänge dem Auge sichtbar zu machen, verfahre man in folgender Weise: Nachdem man den Ständer *e* wieder herausgezogen und den Flachring entfernt hat, schraube man die Rändelschrauben *b b* heraus und klappe den nun freigewordenen, in Charnieren drehbaren äusseren Ring nach der Rundung des Brettes zu um. Auf den horizontal gelegten Ring lege man die beigegebene Glasplatte und bestreue diese aus dem ebenfalls beigegebenen Fläschchen mit feinem Eisenpulver (ferrum limatum). Setzt man nun den Stromwechsler in Rotation, so erscheint das interessante Bild der über die Eisenfeile hinlaufenden Welle. Man bemerkt dabei am Rande des Ringes ein Wälzen der Teilchen in Vertikalebenen, in der Mitte des Ringes ein solches in Horizontalebenen und gleichzeitig pulsierende Stellen an den Verstärkungsstücken (ruhende Pole). Hält man jetzt die Magnetnadel über die Glasplatte, so sieht man, dass die Richtung, in welcher sich die Eisenteilchen sich überschlagend fortbewegen, eine der Richtung der Polwanderung entgegenlaufende ist.

Dies Unterrichtsmodell des Teslaschen Ringes mit Weilerschem Doppelstromwechsler liefere ich für Mk. 140, den Doppelstromwechsler einzeln für Mk. 50.

[1]) Vgl. Braun: Über elektrische Kraftübertragung, insbesondere über Drehstrom. Tübingen 1892.

Correspondenz.

Demonstrationsapparat für Drehströme. In Heft 27, S. 370 der *„Elektrotechnischen Zeitschrift“* hat der Unterzeichnete folgende Ergänzung zu seiner Abhandlung „über einen Apparat für Wechsel- und Drehströme“ (*d. Zeitschr. V 189*) gebracht. „Herr Weinhold hebt in Heft 23, S. 300 der *„E. T. Z.“* (*vgl. d. Heft, S. 7*) hervor, der Weiler'sche Apparat biete den Vorteil, dass man mit ihm das magnetische Feld beliebig langsam drehen und es auch in jeder Lage festhalten kann. Es dürften indessen noch weitere Vorzüge dieses Unterrichtsapparates nicht übersehen werden. Er schliesst an Bekanntes an, der verwendete Commutator ist in allen Lehrbüchern der Physik abgebildet und erläutert, damit ist schon viel für das Verständnis gewonnen; auch lässt sich jede Hälfte des Doppelcommutators für sich verwenden, die Anschaffung eines besonderen solchen Apparates ist also nicht erforderlich. Beide Ströme sind auf derselben Walze gesondert, ihre Umwechslung ist leicht erkenntlich und ihre Aufeinanderfolge recht sichtbar. Die Schleiffedern berühren beide Commutatorlappen einen Augenblick, die Stromkurve verläuft daher continuierlich, auch steigt kein Strom plötzlich zu seiner vollen Stärke an oder verschwindet sofort, die beiden Kurvenhälften können somit nicht durch Rechtecke dargestellt werden. Trotz des Nachteiles, dass das Magnetfeld in grösseren Sprüngen fortschreitet, als bei der Weinhold'schen Abänderung, treten die Wirkungen des Drehstromes, insbesondere bei gekreuzten, breitpoligen Elektromagneten sicher und mit zwei beliebigen galvanischen Elementen auf. Ein rasches Verständnis des Wesens verschobener Wechselströme bei allen seinen Zuhörern hat seitdem die Richtigkeit der Auswahl gerade dieses einfachsten und solidesten unter den verschiedenen Modellen des Verfassers bestätigt.“

Indessen hat der Verfasser Abänderungen vorgenommen, durch welche, ohne am Wesen des Apparates zu ändern, die Stromkurve der Sinuskurve des Induktionstromes sehr nahe gebracht werden kann; für das Verständnis der Sache aber sind sie, auch nach dem Ausspruche von Fachleuten, nicht erforderlich.

Eslingen, im August 1892. W. Weiler.

Die Firma Dr. Stöhrer & Sohn, deren Spezialität die Herstellung von Apparaten und Instrumenten für den physikalischen Unterricht an höheren und mittleren Lehranstalten ist, hat in diesem Jahr das Jubiläum ihres 50jährigen Bestehens gefeiert. Sie wurde 1842 auf der Grundlage von Wiessners Magazin mathematischer, optischer und physikalischer Instrumente in Leipzig errichtet. Der Begründer Emil Stöhrer, 1813 geboren, in Schulpforta erzogen, in Leipzig und Paris technisch ausgebildet, hat sich in der wissenschaftlichen Welt auch durch eine Anzahl von Arbeiten über Elektromagnetismus und verwandte Erscheinungen bekannt gemacht. Er erfand einen Zeigertelegraphen, der mit Wechselströmen eines Magnetinduktors betrieben wurde und auf sächsischen und bayrischen Bahnen in Anwendung kam, sowie einen elektrochemischen und elektromagnetischen Doppelschreiber. Die philosophische Fakultät zu Jena verlieh ihm 1860 die Doktorwürde honoris causa. Der Sohn, Emil Stöhrer jun., hatte 1869 ein eigenes „Atelier und Magazin für Physik, Optik und Mechanik“ in Dresden errichtet und diese Firma 1880 mit der Leipziger vereinigt. Er starb 1882, ihm folgte der Vater 1890. Seitdem wird die Firma von Herrn A. Grosse geleitet.

Die Jubelausgabe des Kataloges der Firma, 1494 Nummern umfassend, erstreckt sich über alle Teile der Experimentalphysik. Neben den galvanischen Elementen und Batterien haben die Projektionsapparate nebst Zubehör der Firma einen wohlverdienten Ruf erworben. Wie auf diesem Gebiete, so zeigt sich auch auf den übrigen, dass die Firma es verstanden hat, dem Fortschritt der physikalischen Unterrichtstechnik zu folgen und sich in seinen Dienst zu stellen.

Erdmagnetische Elemente. Nach den Beobachtungen des Meteorologisch-magnetischen Observatoriums zu Potsdam betrug daselbst am 1. Juli 1892 die Deklination $10^0\,42'$ westl., die Inklination $66^0\,44'$. Als horizontale Intensität an demselben Orte ist für Mitte 1892 vorläufig 0,1866 C. G. S. anzunehmen.

E. S. Stettin. — Die elementare Ableitung der Hauptformel des freien Falls mittels Summation der Reihe der natürlichen Zahlen findet sich u. a. schon in Schellbachs Mechanik und in Jochmanns Lehrbuch der Physik.

Die Redaktion bittet angelegentlichst um Mittheilung über jeden Versuch zur Einrichtung physikalischer Schülerübungen nebst kurzer Angabe der Organisation und der dabei gemachten Erfahrungen.

Himmelserscheinungen im November und Dezember 1892.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde,
☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn.

Monatstag	November 1	6	11	16	21	26	Dezember 1	6	11	16	21	26	31	
Heliocentrische Längen.	267°	281	296	312	331	352	16	45	76	107	136	160	181	☿
	111	119	127	135	144	152	160	168	176	184	192	200	208	♀
	39	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	♁
	8	11	15	18	21	24	27	30	32	35	38	41	44	♂
	22	22	23	23	23	24	24	25	25	26	26	27	27	♃
	184	185	185	185	185	185	185	186	186	186	186	186	186	♄
Geocentrische Rectascensionen.	357	68	144	200	259	327	31	140	176	231	297	1	69	☾
	231	239	246	254	260	266	268	267	261	254	251	253	257	☿
	178	184	190	195	201	206	212	218	224	220	236	243	249	♀
	217	222	227	232	237	242	248	254	259	265	270	276	281	☉
	329	331	334	337	339	342	345	348	351	353	356	359	2	♂
	17	16	16	15	15	15	14	14	14	14	15	15	15	♃
	188	188	189	189	190	190	191	191	191	192	192	192	192	♄
Geocentrische Deklinationen.	− 5	+ 25	+ 20	− 7	− 27	− 19	+ 12	+ 27	+ 6	− 20	− 26	− 3	+ 25	☾
	− 20	− 22	− 24	− 25	− 26	− 26	− 25	− 24	− 22	− 20	− 19	− 20	− 21	☿
	+ 2	− 0	− 2	− 4	− 7	− 9	− 11	− 13	− 15	− 17	− 18	− 20	− 21	♀
	− 15	− 16	− 18	− 19	− 20	− 21	− 22	− 23	− 23	− 23	− 23	− 23	− 23	☉
	− 15	− 14	− 13	− 11	− 10	− 9	− 8	− 6	− 5	− 3	− 2	− 1	+ 1	♂
	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5	♃
	− 1	− 1	− 1	− 2	− 2	− 2	− 2	− 2	− 2	− 2	− 3	− 3	− 3	♄
Aufgang.	19h 1m	19.10	19.19	19.28	19.37	19.45	19.52	19.59	20.5	20.9	20.12	20.13	20.13	☉
	3h 34m	5.9	10.58	17.4	22.58	1.13	2.19	5.49	12.29	18.31	22.57	0.11*	1.30	☾
Untergang	4h 28m	4.19	4.11	4.3	3.57	3.51	3.47	3.45	3.44	3.44	3.46	3.49	3.53	☉
	15h 27m	23.13	2.3	3.0	4.33	10.10	17.27	23.40	0.49	1.45	5.19	12.5	19.30	☾
Zeitglchg.	− 16.20	− 16.14	− 15.48	− 15.0	− 13.50	− 12.21	− 10.35	− 8.33	− 6.18	− 3.54	− 1.24	+ 1.5	+ 3.31	☉

Beim Monde bezieht sich die mit * versehene Angabe auf den folgenden Tag.

Daten für die Mondbewegung (in Berliner Zeit):

November	4	4h 43m	Vollmond	Dezember	2	18h	Mond in Erdnähe
„	4	5	Mond in Erdnähe	„	3	15 11m	Vollmond
„	10	22 56	Letztes Viertel	„	10	15 23	Letztes Viertel
„	17	17	Mond in Erdferne	„	15	2	Mond in Erdferne
„	19	2 13	Neumond	„	18	21 7	Neumond
„	26	23 21	Erstes Viertel	„	26	10 16	Erstes Viertel
				„	31	1	Mond in Erdnähe

Constellationen. November: 2 12h ♃ ☌ ☾; 4 sichtbare totale Mondfinsternis: Anfang überhaupt 3h 2m, 7 Berl. Zeit; Anfang der Totalität 4h 16m, 2; Mitte der Finsternis 4h 38m, 6; Ende der Totalität 5h 0m, 9; Ende überhaupt 6h 14m, 5; Aufgang des total verfinsterten Mondes für Berlin 4h 17m; — 10 9h ♀ ☌ ♄; 17 20h ♀ in Sonnennähe; 14 23h ♄ ☌ ☾; 15 11h ♀ ☌ ☾; 21 2h ☿ ☌ ☾; 22 früh ☉ im Schützen; 22 19h ☿ in grösster östlicher Elongation; 27 6h ♂ ☌ ☾; 29 19h ♃ ☌ ☾. — Dezember: 9 13h ♂ □ ☉; 10 22h ☿ in Sonnennähe; 11 18h ☿ in unterer Sonnen-Conjunction, wird Morgenstern; 12 21h ♄ ☌ ☾; 15 23h ♀ ☌ ☾; 17 19h ☿ ☌ ☾; 20 21h ☉ im Steinbock, Winter-Solstitium; 23 15h ♀ ☌ β *Scorpii*; 25 20h ♂ ☌ ☾; 27 3h ♃ ☌ ☾; 31 16h ☿ in grösster westlicher Elongation.

Meteore. Es ist möglich, dass der Leoniden-Schwarm, für welchen zu Ende des Jahrhunderts ein Maximum erwartet wird, schon in diesem Jahre (Nov. 11—13) eine kleine Verstärkung aufweist. Ziemlich viele Meteore sind ausserdem zu erwarten November 27 (?), 29; Dezember 8—11.

Veränderliche Sterne. 1) Algols-Minima treten ein November 3 13h, 6 10h, 9 6h, 20 17h, 23 14h, 26 11h, 29 8h; Dezember 13 16h, 16 13h, 19 10h, 22 7h. 2) Minima von λ *Tauri* Dezember 25 13h, 29 12h. 3) Die übrigen Sterne wie im September und Oktober, natürlich mit Rücksicht auf die Acceleration. Man achte auch auf das etwaige Sichtbarwerden von *Mira Ceti*.

J. Plassmann, *Warendorf*.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Otto Lange in Berlin C.